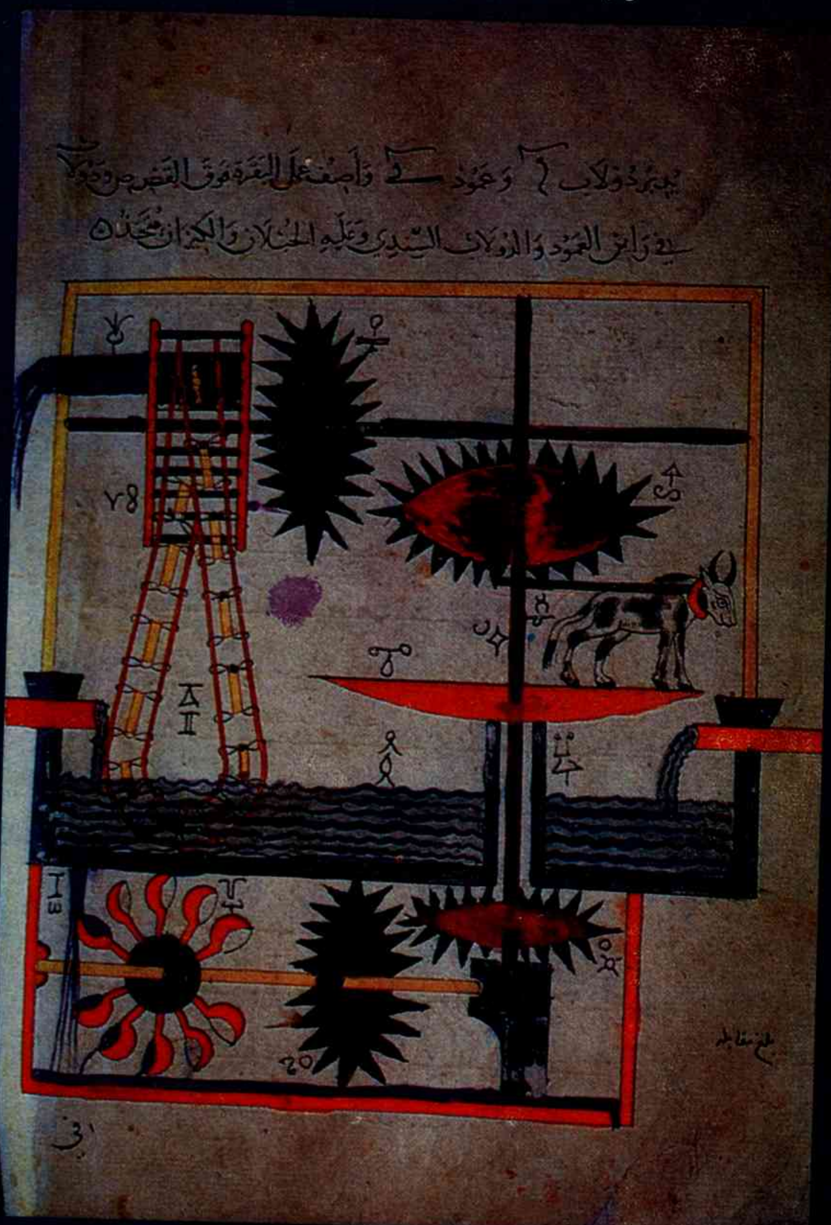
تاریخ مصور تکنولوژی اسلامی

پروفسور احمد یوسف حسن، دکتر دانالد ر. هیل

ترجمهٔ دکتر ناصر موفقیان



مجموعهٔ تاریخ علم و تکنولوژی

تاریخ مصوّر

تکنـولوژی اسـلامی

پروفسور احمد یوسف حسن

دکتر دانالد ر. هیل

مترجم

دکتر ناصر موفقیان

تهران ۱۳۷۵

This is a Persian translation of
ISLAMIC TECHNOLOGY, An Illustrated History
Written by Ahmad Y. al-Hassan & Donald R. Hill
Published by UNESCO, Paris, 1992
Tehran 1996

تاریخ مصور تکنولوژی اسلامی
نویسندگان: پروفسور احمد یوسف حسن / دکتر دانالد ر. هیل
مترجم: دکتر ناصر موفقیان
چاپ اول: **۱۳۷۵** ، تیراژ **۳۰۰۰** نسخه
حروفچینی: خسرو هادیان
آماده‌سازی و چاپ: شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

- **اداره فروش و فروشگاه مرکزی:** خیابان افریقا، چهارراه حقانی (جهان کودک)، کوچه کمان، پلاک ۴، کد پستی ۱۵۱۷۸ ؛ صندوق پستی ۳۶۶-۱۵۱۷۵ ؛ تلفن: ۷۱-۸۷۷۴۵۶۹ ؛ فاکس: ۸۷۷۴۵۷۲
- **فروشگاه یک:** خیابان انقلاب ـ روبروی در اصلی دانشگاه تهران، تلفن: ۶۴۰۰۷۸۶
- **فروشگاه دو:** خیابان انقلاب ـ نبش خیابان ۱۶ آذر؛ تلفن: ۶۴۹۸۴۶۷
- **فروشگاه سه:** خیابان جمهوری ـ نبش آقا شیخ‌هادی؛ تلفن: ۶۷۴۳۰۰

فهرست مطالب

یادداشت ناشر

آنچه در روزگار ما «علم و تکنولوژی» نامیده می‌شود، تبلور سرشت جستجوگر آدمی است که در طول قرون و اعصار همواره در برابر طبیعت آکنده از حیرت و کنجکاوی بوده است.

«تاریخ علم و تکنولوژی»، در حقیقت، سرگذشت پرماجرای همین حیرت جستجوگرانه است که منزل به منزل و گام به گام در کوره‌راههای نه‌چندان امن و هموار تحقیق و توسعه به پیش تاخته و افقهایی بی‌کران را گشوده است. از این منظر، تاریخ علم و تکنولوژی نمایشگر آن است که معلومات و بدیهیات کنونی ما، هرچه ساده و انکارناپذیر هم باشند، برای جا افتادن و اثبات درستی خود چه روزگار دشواری را از سر گذرانده‌اند، مردم هر زمانه چگونه با نظریه‌های علمی جدید عصر خود آشنا و مأنوس شده‌اند، و دانسته‌ها و مهارتهای امروز ما چگونه همان رؤیاها و آرزوهای بظاهر خام دیروز ما را تحقق بخشیده‌اند.

مجموعهٔ «تاریخ علم و تکنولوژی» که اینک پا به عرصهٔ وجود می‌نهد، به قصد شناخت بهتر علل و عوامل توانمندیها و ناتوانیهای کنونی ما طراحی شده است. با این امید که نه تنها اهل تحقیق و تعلیم که همهٔ جویندگان حقایق را به کار آید.

در پایان، از آقای دکتر ناصر موفقیان که دبیری مجموعه را برعهده گرفته‌اند و نیز از کلیهٔ همکاران بخشهای علمی- فنی و تولید شرکت که مددکار به‌راه افتادن این مجموعه بوده‌اند سپاسگزاریم، و امیدواریم مثل همیشه از کمکها و راهنماییهای اصحاب‌نظر و عمل برخوردار باشیم. از خدا جوییم توفیق عمل.

مقدمهٔ مترجم

هدف سازمان آموزشی، علمی و فرهنگی ملل متحد (یونسکو) از سفارش این کتاب، تدارک و انتشار اثری مستند دربارهٔ تکنولوژی اسلامی برای طیف وسیعی از خوانندگان و علاقه‌مندان در سرتاسر جهان بوده است. به همین دلیل، مؤلفان کتاب حاضر یادآور شده‌اند که از سنگین کردن آن به وسیلهٔ پانوشتها و توضیحات مرسوم در آثار پژوهشی خودداری کرده‌اند.

مترجم فارسی کتاب نیز، برای وفادار ماندن به اهداف بانیان و مؤلفان اثر پژوهشی جالبی که در پیش رو دارید، همین شیوه را اختیار کرده است و از ارائه توضیحاتی ـ گاه لازم ـ در پای صفحات خودداری ورزیده است، با این امید که عطش یا کنجکاوی خاصی که برای «بیشتر دانستن» دربارهٔ مباحث مطرح‌شده در کتاب پدید می‌آید، انگیزشی باشد برای روی آوردن به پژوهشها و مطالعات دقیق‌تر در عرصهٔ بکر و تقریباً دست‌نخوردهٔ تکنولوژی‌های ملی و محلی و تفکر ژرف‌تر در این باب که تحرک و توانمندیهای تکنولوژیکی پردامنه‌ای که در این کتاب شاهد آن خواهیم بود، چرا و چگونه از قرنهای هفتم و هشتم هجری قمری چنان به نابسامانی و پژمردگی دچار آمد که دیگر هرگز نتوانست همپای تحولات سریع تکنولوژی در سرزمینهای دیگر جهان پیش برود.

مؤلفان کتاب حاضر معتقدند که ارزیابی منصفانهٔ تکنولوژی اسلامی نباید تحت تأثیر دستاوردهای علمی و فنی چشمگیر عصر جدید قرار گیرد. از دیدگاه روش‌شناسی علمی، این اعتقاد مؤلفان پذیرفتنی است. ولی این واقعیت را هم نباید از نظر دور داشت که دوران تمدن اسلامی، فصلی طولانی از تاریخ عمومی سرزمینهایی را تشکیل می‌دهد که در حال حاضر بیش از هر زمان دیگری نیازمند آنند که به علل و موجبات انجماد دیرپای دانشهای نظری و

کاربردی در قلمرو خود پی ببرند. از این نظر، بخشهایی از این کتاب شایستهٔ آن است که همراه با تفسیر و تحلیل‌های روشنگرانه، به عنوان مادّه یا واحد درسی در برنامه‌های آموزشی رشته‌های فنی و مهندسی دانشگاهها و دیگر مؤسسات تعلیمات فنی و حرفه‌ای و علوم کاربردی گنجانیده شود.

اشاره به این نکته نیز لازم به نظر می‌رسد که بسیاری از شواهد و مدارک عرضه‌شده در این کتاب برای نخستین بار است که انتشار می‌یابند و حتی در آثار مشهوری که زیر عنوان «تاریخ عمومی تکنولوژی» در کشورهای صنعتی پیشرفته منتشر شده نشانه‌ای از آنها به چشم نمی‌خورد. با این حال، قابل تذکر است که مؤلفان، چنان‌که خود نیز در پیشگفتارشان اشاره کرده‌اند، هم به سبب مهلت کوتاهی که در اختیار داشته‌اند و هم به دلیل آشنایی نزدیکتر با سرزمینهای اسلامی حوزهٔ مدیترانه و شمال افریقا، نه تنها در استنادهای تاریخی بلکه در جریان احتجاج‌های پرشور خود برای اثبات استحکام زیر لایهٔ کهن تمدن اسلامی، در بسیاری از موارد گویی از یاد می‌برند که «جهان اسلام» یا شهرهای بزرگ اسلامی، یا پایگاههای علمی و فنی تمدن اسلامی منحصر به «شهرهای اسلامی مدیترانه‌ای» نبوده است و «مهارتها و تجربیات صنعتی و حرفه‌ای» ریشه‌دار شهرها و مناطق کهنسالی چون خوارزم، ماوراءالنهر، ری، اصفهان، خراسان بزرگ، فارس، آذربایجان، شوش و همدان و غیره نیز نقشی شالوده‌ساز در بسیاری از زمینه‌های تکنولوژی داشته‌اند و خود مؤلفان محترم کتاب نیز به مناسبت موضوع از زیرساختهای تکنولوژیکی نیرومندی در «سرزمینهای شرقی» تمدن اسلامی - همچون مجموعهٔ هیدرولیک عظیم «بند امیر» در فارس، شبکهٔ آبرسانی پردامنهٔ متشکل از رودهای دجله و دیاله و خورالعظیم، در شرق بغداد؛ معادن سرگشاده و زیرزمینی ماوراءالنهر و خراسان بزرگ؛ کاغذسازی سمرقند و جز اینها - یاد کرده‌اند.

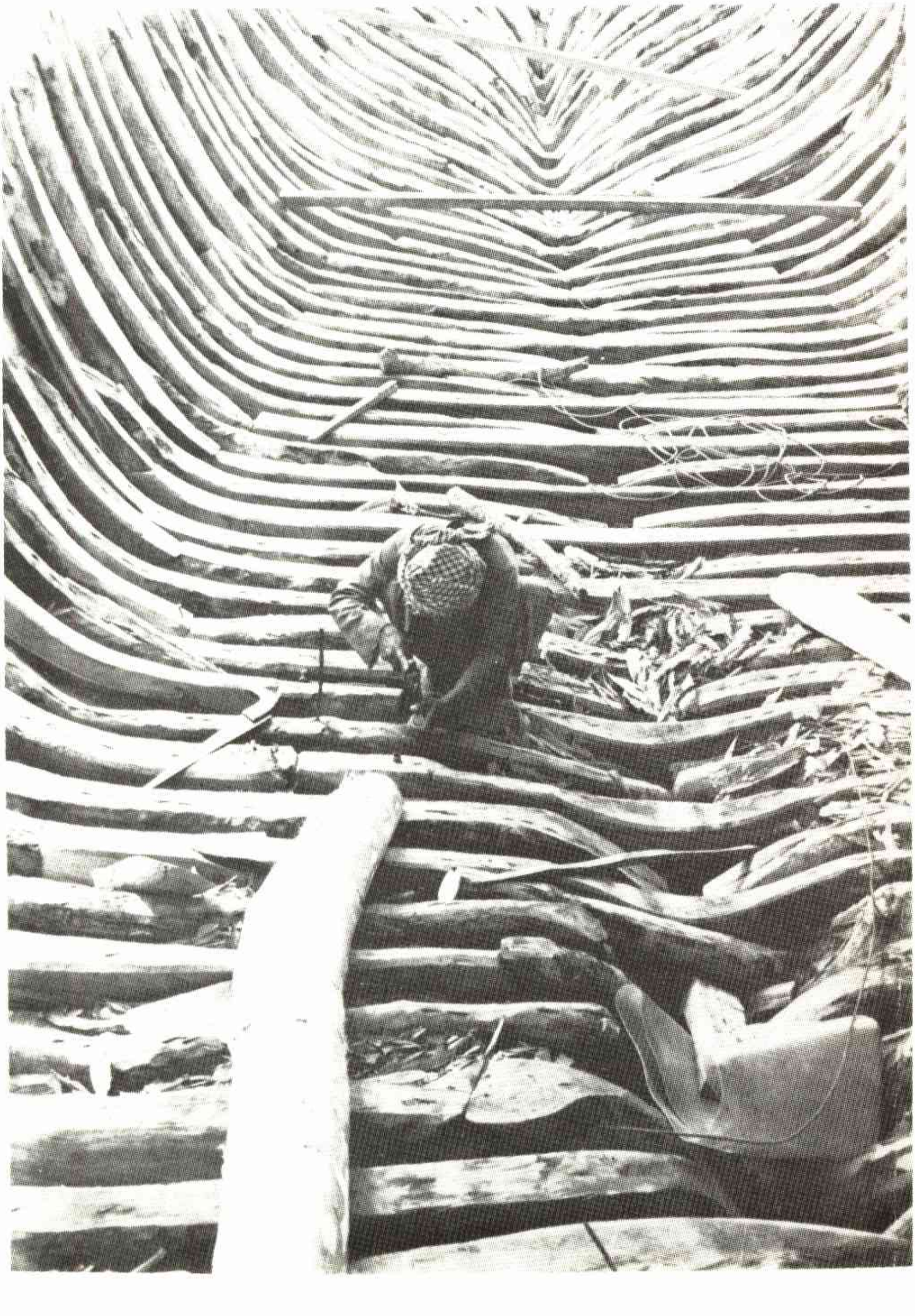
به هر تقدیر، همچنان‌که مؤلفان این اثر پیشگام گفته‌اند، کتاب حاضر را می‌توان راهگشای پژوهشهای گسترده‌تر و ژرف‌تری دانست که بخصوص در سرزمینهای شرقی تمدن اسلامی جای آن از هر لحاظ خالی است.

در پایان کلام به اختصار اشاره می‌کنیم که مؤلفان کتاب حاضر، به پیروی از این اصل سودمند که «ایجاد ارتباط با مفاهیم علمی و فنی مورد نظر باید با زبانی صورت گیرد که با آن زندگی می‌کنیم»، در بسیاری از مستندات خود واژگان یا عناوین آثاری را که به زبان عربی نوشته شده «ترجمه به مفهوم» کرده‌اند. برای نمونه، «علم‌الحیل» را به مفهوم امروزی آن «علم مکانیک» ترجمه کرده‌اند، یا عبارت عربی «معالِم‌القربَة» را که مفهوم تحت‌اللفظی آن چیزی است مانند

«نشانه‌های قربت» یا «نشانه‌های طاعت»، مؤلفان به سبب آشنایی با موضوع کلام آن را ترجمه کرده‌اند: «در باب تکالیف محتسِب». مترجم فارسی کتاب نیز از همین رویّه پیروی کرده است، و تنها در بعضی از موارد به اقتضای موضوع توضیح مختصری نیز در پانوشت صفحه بدان افزوده یا کلمه‌ای را در قلاب نهاده است که در متن اصلی وجود نداشته است. و نکتهٔ آخر اینکه مترجم فارسی کتاب کوشیده است معادلهای اصیل مفردات یا اِصطلاحات و عناوین آثاری را که در اصل به زبان عربی یا غیرعربی بوده است و مؤلفان به ضبط آوایی آنها به انگلیسی اکتفا کرده‌اند، حتی‌المقدور مطابق اصل به فارسی برگرداند. به سبب وفور مفردات و اصطلاحات فنی گوناگون در تمام زمینه‌های علوم طبیعی و تکنولوژی در کتاب حاضر، تردیدی نیست که به رغم کوششهای مترجم کتاب ممکن است نارسایی‌هایی در این زمینه وجود داشته باشد که بدین مناسبت پیشاپیش از خوانندگان محترم کتاب، گذشت و بزرگواری می‌طلبم و در عین حال امیدوارم که با راهنماییهای مشفقانهٔ خود موجبات تصحیح و ترمیم نارسایی‌های احتمالی را فراهم آورند.

ن. موفقیان

بهمن ۱۳۷۴



پیشگفتار یونسکو

در بسیاری از گردهماییهای بین‌المللی که به همت یونسکو برگزار شده ضرورت رشد و توسعهٔ تکنولوژیهای درون‌زا مورد تأکید قرار گرفته است. از سوی دیگر، کمبود یا فقدان مطلق کتابهای مرجع مناسب برای آموزشگران و دانشجویان رشته‌های فنی و مهندسی در غالب کشورهای جهان اسلام به طرز ملموسی به چشم می‌خورد، و این کمبود بخصوص در زمینهٔ تاریخ علم و تکنولوژی و سهم واقعی نخستین دوره‌های تمدن اسلامی در پیشبرد علوم و فنون کاملاً احساس می‌شود.

به همین دلایل بود که در برنامه و بودجهٔ سال ۱۹۷۹ - ۱۹۸۰ یونسکو پیش‌بینی شد که بررسیهای حتی‌المقدور جامعی از چگونگی تحول تکنولوژیهای درون‌زا در سرتاسر جهان به عمل آید، و تصمیم گرفته شد که یکی از این‌گونه بررسیها به طور خاص نقش نخستین دوره‌های تمدن اسلامی در پیشبرد تکنولوژی را موضوع کار خود قرار دهد. این طرح اساسی در چارچوب مشارکتهای یونسکو در آئینهای مخصوص بزرگداشت پانزدهمین قرن هجری نیز گنجانده شد.

آماده‌سازی و انجام این بررسی از سوی یونسکو به پروفسور احمد یوسف الحسن محول گشت که علاوه بر تخصص حرفه‌ای در رشتهٔ مهندسی مکانیک، مدتی نیز مدیریت پژوهشکدهٔ علوم اسلامی در حلب را برعهده داشت و، بنابراین، قادرِ بود آگاهیهای گستردهٔ خود در زمینهٔ تاریخ علم و تکنولوژی منطقهٔ عربی تمدن اسلامی را در خدمت بررسی یادشده قرار دهد. در تدارک این مهمّ، وی از تخصصها و کاردانیهای بسیاری دیگر از همکاران و محققان عرب خود در منطقه نیز بهره‌مند شده، در ضمن، توفیق یافت که از همکاریهای علمی و پژوهشی دکتر دانالد هیل نیز به عنوان نویسندهٔ مشترک این بررسی برخوردار گردد.

امید فراوان داریم که این کتاب برای همهٔ کسانی که به دلایل گوناگون مطالعهٔ تاریخ علم و تکنولوژی را در پیش می‌گیرند و بخصوص برای آنان که مشتاق آگاهی یافتن از نقش تمدن اسلامی در توسعه و پیشرفت علم و تکنولوژی هستند سودمند واقع گردد. بخشهایی از این کتاب را می‌توان به عنوان مادهٔ درسی در برنامه‌های آموزشی استادان و مدرسان رشته‌های فنی و مهندسی دانشگاهها و دیگر مؤسسات آموزشهای فنی و حرفه‌ای کشورهای اسلامی گنجاند. یکی از ویژگیهای ممتاز کتاب حاضر در آن است که مطالب و اطلاعاتی که عرضه می‌دارد از منابعی متنوع حاصل آمده است و بنابراین چشم‌اندازی متوازن از موضوع مورد بحث به دست می‌دهد.

یونسکو خود را سپاسگزار نویسندگان کتاب و همهٔ کسانی دیگری می‌داند که به نحوی از انحاء در آماده‌سازی و تدوین این اثر پژوهشی بدیع و ضروری همکاری داشته‌اند.

و، سرانجام، ناگفته نماند که عقاید و نظرات ابرازشده در این کتاب بیانگر آراء و دیدگاههای نویسندگان اثر است و لزوماً نمایندهٔ نظریات یونسکو نیست. مشخصات مربوط به مرزها، کشورها، مناطق و سرزمینهایی که در کتاب از آنها نام برده شده و همچنین مختصات دیگر مواد و مصالح تشکیل‌دهندهٔ محتوای کتاب نیز به هیچ روی متضمن تأیید یا مشروعیت بخشیدن به آنها از سوی سازمان یونسکو نیست.

پیشگفتار نویسندگان و سپاسگزاریها

تکنولوژی ابزار مدنیت است، و اینکه تمدن اسلامی قادر بوده است به مدت چند قرن رهبری بخش وسیعی از جهان را در اختیار داشته باشد به روشنی آشکار می‌سازد که چنین تمدنی لزوماً برپایهٔ دستاوردهای تکنولوژیکی مهمی استوار بوده است.

تا این تاریخ هیچ گونه اثر تحقیقی جامعی در مورد تکنولوژی اسلامی به رشتهٔ تحریر درنیامده، و علت هم آن بوده است که پژوهشهای جدّی منتشرشده‌ای وجود نداشته تا نویسندگان و مورخان بتوانند با تکیه بر آنها به چنین کار عظیمی دست یازند. حتی در آثار تحقیقی بزرگ و پردامنه‌ای هم که تاریخ عمومی تکنولوژی را موضوع کار خود قرار داده‌اند، فصل ویژه‌ای به تکنولوژی اسلامی اختصاص نداده‌اند یا اگر چنین کرده باشند، طراحی و عرضهٔ مطلب را به نویسندگانی سپرده‌اند که دلبستگی چندانی به تمدن اسلامی نداشته‌اند.

نویسندگان این کتاب در حقیقت از سوی یونسکو مأموریت یافتند که به مناسبت آغاز پانزدهمین قرن هجری کاری چنین خطیر را برعهده گیرند. آشکار است که در غیاب پژوهشهایی اصیل و معتبر، نگارش کتابی موجز و معقول در باب موضوعی بدین وسعت و دامنه، کاری بود بس دشوار که برنامه‌ها و تعهدات جاری نویسندگان را نیز مختل می‌کرد.

با این‌حال، احساس کردیم که باید به تقاضای یونسکو گردن نهیم و بدین منظور از بسیاری سازمانهای علمی و پژوهشی و دانشگاهی که نسبت به موضوع علائقی نشان داده بودند، برای همکاری یاری خواستیم. با توجه به کمی وقت و محدود بودن حجم کتاب مورد نظر، امکان آن وجود نداشت که به سازماندهی گروه وسیعی از متخصصان و کارشناسان مبادرت ورزیم. بنابراین، متن نهایی این کتاب را منحصراً ما دو نفر نوشتیم.

به دلیل فقدان اسناد و مدارک منتشرشده، ناگزیر به جست‌وجوی منابع دست‌اول، بخصوص دستنوشته‌های اصیل عربی، پرداختیم. در نتیجه، بسیاری از شواهد و مدارک موجود در این کتاب برای نخستین بار است که انتشار همگانی می‌یابند.

کتاب حاضر در حقیقت مقدمه‌ای اجمالی بر موضوع مورد بحث است و از این نظر نخستین کوششی است که برای عرضهٔ تاریخ تکنولوژی اسلامی به عمل می‌آید. ممکن است انتقادهایی نیز بر این کتاب وارد آید، ولی از آنجا که هدف یونسکو انتشار کتابی موجز برای طیف وسیعی از خوانندگان بود، نه نوعی تک‌نگاری علمی، ما از سنگین کردن کتاب به وسیلهٔ پانوشتهای مرسوم در آثار پژوهشی خودداری کردیم. در عوض کتاب‌شناسی برگزیده‌ای در پایان کتاب گنجاندیم که خوانندهٔ علاقمند را به منابع دیگر رهنمون می‌شود.

ابتکار تهیه و انتشار این اثر متعلق به یونسکو است و ما در همین‌جا سپاسگزاری خود را از یاریهای آن سازمان در نگارش و تدوین کتابی که در دست دارید، ابراز می‌داریم. همچنین مایلیم مراتب امتنان خود از دانشگاه حلب را نیز بیان کنیم، چون نه فقط به یکی از نویسندگان مشترک کتاب امکان داد که وقت و کار خود را، فارغ از تعهدات جاری نسبت به آن دانشگاه، وقف آماده‌سازی و نگارش این کتاب سازد بلکه از طریق پژوهشکده «تاریخ علم عرب» نیز انبوهی از اسناد و مدارک مکتوب و رونوشتهایی از دستنوشته‌های تاریخی را در اختیار ما نهاد و، گذشته از اینها، چند دستیار علاقه‌مند نیز برای انجام کاری که در پیش داشتیم به یاری ما گسیل داشت.

افزون بر اینها، از «یونیورسیتی کالج لندن» و بخش تاریخ و فلسفهٔ علم آن دانشگاه نیز سپاسگزاریم که فرصت آن را برایمان فراهم آورد تا بتوانیم در لندن نزدیک به کتابخانه‌های پژوهشی گرانقدر و پربار به کار بپردازیم.

همکاران ما در حلب، لندن و پاریس بررسیهای گسترده‌ای در انواع مدارک و اسناد و نوشته‌های مربوط به موضوع کتاب انجام داده‌اند که بدون آنها کار تدوین و نگارش کتاب حاضر مدتهای مدید به درازا می‌کشید. در این زمینه لازم می‌دانیم که به ویژه از همکارانی چون خانمها دریةالخطیب و صفا مازالتی، آقایان مصطفی مولدی، سمیر کمد، ریاض ثمانی، و خانم رنه شامی که همه از محققان وابسته به بخش تاریخ علم عرب دانشگاه حلب در سوریه هستند و همچنین از آقای نورمن حق، از یونیورسیتی کالج لندن، و خانم سیمون ذاکری از دانشگاه پاریس صمیمانه تشکر کنیم.

احمد یوسف الحسن مسئولیت اصلی فصلهای ۲-۱ و ۵؛ ۶-۲؛ ۸-۴؛ ۶؛ ۷؛ ۸؛ ۹؛ و ۱۰ را برعهده داشته است و مسئولیت اصلی فصلهای ۱-۱، ۳-۱، ۴-۱ و ۶؛ ۱-۲ تا ۵؛

۳؛ ۴-۱ تا ۷؛ و ۵ با دانالد ر. هیـل بوده است.

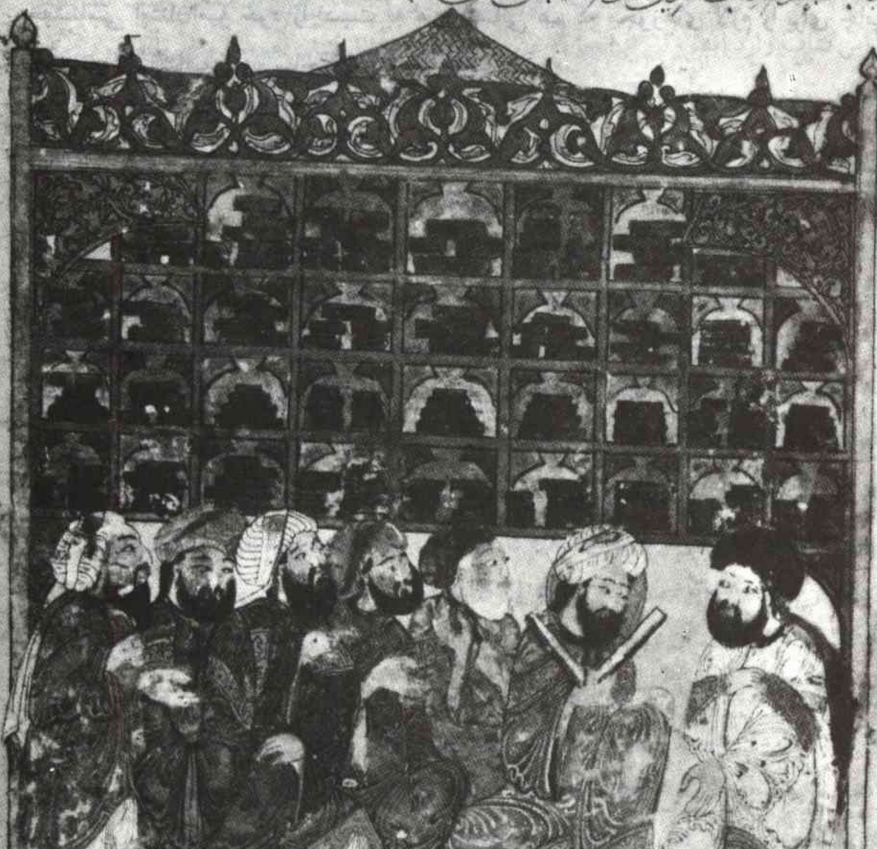
آقای کالین رانن، نویسنده و مورخ علم، ویرایش کامل و آماده‌سازی متن نهایی را برعهده داشته است. خانم شارلوت دینه گردآوری تصاویر لازم و تکمیل مجموعهٔ تصاویر مورد استفاده در این کتاب را به انجام رسانده است.

حقشناسی امتنان‌آمیز خود را نسبت به همهٔ کسانی هم که مجوزهای لازم را برای چاپ عکسها و تصاویر کتاب فراهم ساختند، ابراز می‌داریم.

احمد یوسف الحسن
دانالد ر. هیل

فقال أما والله إنه لأحق أن يتبع وللصدق حقيق بأن يستمع يا قوم ليحكم لكم اليوم قال فكأن الجماعة

ارتابت بعزوته وأبت تصديق دعوته فتوجس ما هجس في أفكارهم وفطن لما بطن من استنكارهم وكاد أن



... ثم قال يا رواة القريض وأساة القول المريض إن خلاصة الجوهر

... السبك وقد قيل فيما غبر من الزمان عند الامتحان يكرم الرجل أو يهان

۱ مقدمه

۱-۱ مروری کوتاه بر علم و تکنولوژی پیش از اسلام

روشن است که در اینجا ممکن نیست تحول علم و تکنولوژی را از عهد تمدنهای باستانی مصر و سومریه و چین تا زمان فرارسیدن اسلام به تفصیل مورد بررسی قرار دهیم. بدین ترتیب، مناسبتر به نظر می‌رسد که وضع و حال دانش زمانه را در آستانهٔ ظهور اسلام و در سرزمینهایی مورد توجه قرار دهیم که بعدها جهان اسلام را به وجود آوردند. این سرزمینها به طور کلی کشورهای عربی‌زبان امروزی، ایران، بخشهایی از آسیای مرکزی، شبه‌جزیره ایبریا [اسپانیا و پرتغال] و بیشتر جزیره‌های دریای مدیترانه را دربر می‌گیرند (رجوع کنید به نقشه‌ای که در صفحه‌های بعدی آمده است). از بسیاری لحاظ این منطقهٔ گسترده حوزهٔ فرهنگی مشخصی را تشکیل می‌داد و فرهنگ دیرپای آنجا سنگ زیربنای تحولات آغازین علم و تکنولوژی اسلامی محسوب می‌گردد.

در عرصهٔ تکنولوژی، جدای از کارهای نویسندگان معدودی چون فیلون بیزانسی[1] (قرن سوم ق.م.) و هرون اسکندرانی[2] (قرن اول میلادی)، حرکت و جنبش آغازین تکنولوژی مسلمانان در حقیقت از تکنولوژیستها، صنعتگران ماهر و دستاوردهای جالب و هنرمندانهٔ آنها، بخصوص در سیستمهای آبیاری و صنعت نساجی، سرچشمه می‌گیرد. ولی در عرصهٔ علم، انتقال معلومات بیشتر ازطریق مواد و مصالح نوشتاری صورت می‌گرفت و بنابراین ناچار باید کارهایی را که در طی دورهٔ مشهور به «عصر هلنیستی» انجام گرفته استِ مورد توجه قرار دهیم ـ منظور دوره‌ای است که عملاً از ۳۲۳ ق.م تا ظهور اسلام ادامه می‌یابد.

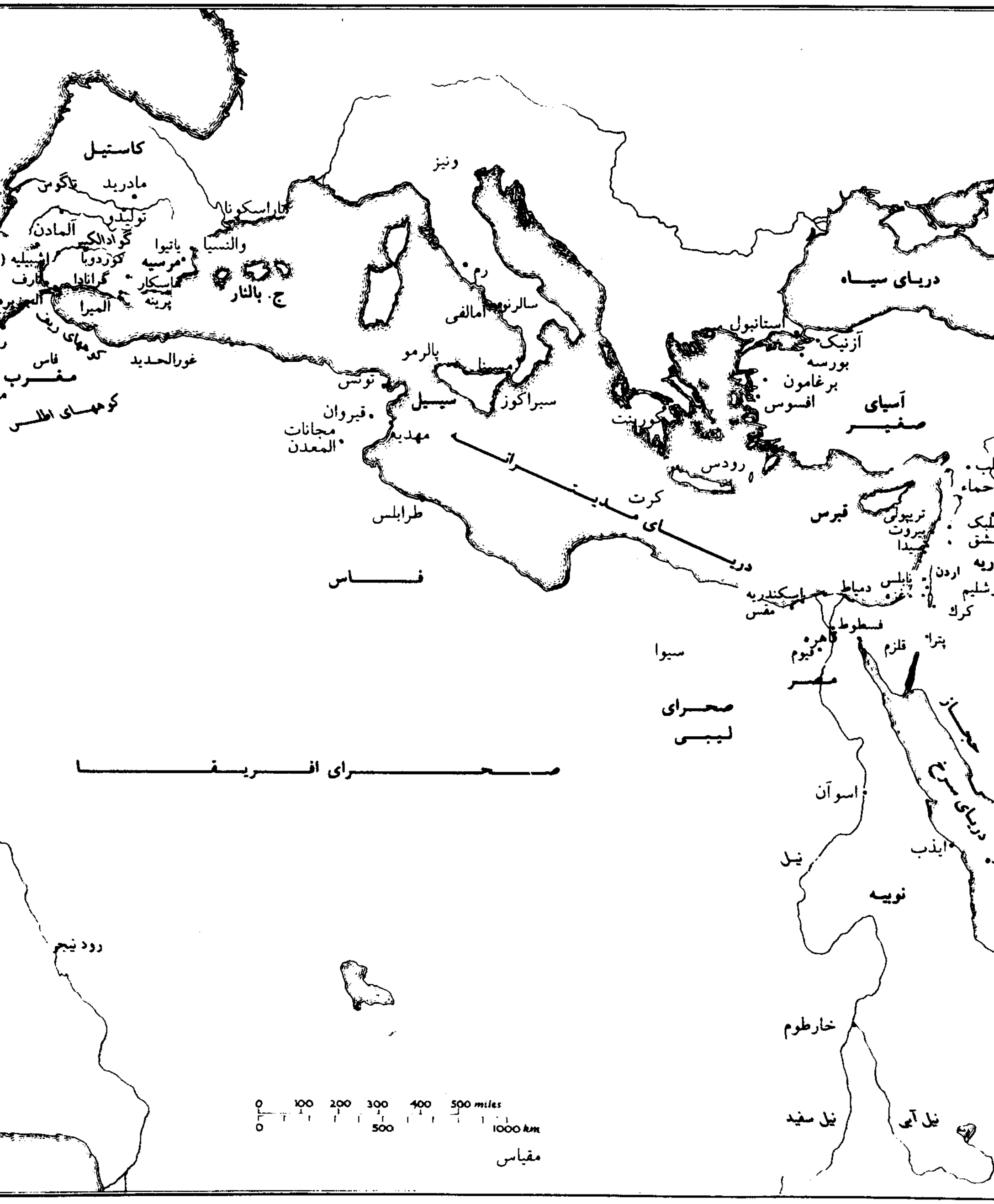
علم هلنیستی در حقیقت ادغام‌کنندهٔ کارهای دانشمندان یونانی دوران

۱-۱ یک کـتابخانهٔ هـم... نـزدیک بـغداد، از دسـتن... مـقامات حـریری، قـرن ه... هـجری (سـیزدهم مـیلا... کتابخانهٔ ملی، پاریس

1) Philon of Bysantium.

2) Heron of Alexandria.


سیحون
تاشکند
فرغانه
ترکمنستان
ماوراءالنهر
بخارا
سمرقند
جیحون
بدخشان
مرو
بلخ
هندوکش
رود سند
طوس
نیشابور
کابل
کشمیر
خراسان
هرات
غزنه
پنجاب
دریای خزر
باکو
آذربایجان
تبریز
مراغه
تهران
ایران
کاشان
سامرا
بغداد
اصفهان
جندی‌شاپور
یزد
کرمان
خوزستان
حلّه
نجف
اهواز
دهلی
آگرا
استخر
(پرسپولیس)
بند امیر
بصره
شیراز
کُر
سیستان
سند
شط‌العرب
فارس
سیراف
خلیج فارس
بحرین
صور
مسقط
عمان
یمامه
عربستان
دریای عرب
صنعا
یمن
عدن
اقیانوس هند


کاستیل
مادرید
تاگوس
تولیدو
آلمادن
گوادالکبیر
اشبیلیه
کوردوبا
گرانادا
مرسیه
یاتیوا
اسکار
پرینه
آلمیرا
والنسیا
اسکونا
ج. بالئار
کوههای ریف
فاس
مغرب
کوههای اطلس
غورالحدید
ونیز
رم
سالرنو
امالفی
پالرمو
مسینا
سیسیل
سیراکوز
توس
قیروان
مجانات
المعدن
مهدیه
طرابلس
فاس
دریای مدیترانه
کرت
رودس
کورینت
دریای سیاه
استانبول
آزنیک
بورسه
برغامون
افسوس
آسیای صغیر
قبرس
تریپولی
بیروت
صیدا
نابلس
غزه
دمیاط
اسکندریه
مفس
فسطاط
قاهره
فیوم
قلزم
پترا
کرک
اردن
سیوا
مصر
صحرای لیبی
صحرای افریقا
اسوآن
ایذب
دریای سرخ
نیل
نوبیه
رود نیجر
خارطوم
نیل سفید
نیل آبی
0 100 200 300 400 500 miles
0 500 1000 km
مقیاس

کلاسیک در مجموعه‌ای از دستاوردهای نظری و عملی عصری بود که در بالا از آن یاد کردیم. بدین ترتیب، می‌توان گفت که علم عصر هلنیستی در حقیقت مجموعهٔ کاملی از کل دانش بشری در آن زمان بود، زیرا علم کلاسیک یونانی در عمل بخش عمده‌ایَ از دستاوردهای نظری و تجربی دانشمندان بابل، مصر و هند کهن را به خود جذب کرده بود. این نکته نیز بسیار گویاست که کانون این فعالیتهای اندیشه‌ورزانه در اسکندریه بود که مراکز فرعی و محلی آن نیز در نقاطی چون سیراکوز (سیسیل)، انطاکیه (سوریه) و پرگامون در آسیای صغیر فعالیت داشتند. در آن دوره زبان علمی مشترک زبان یونانی بود ولی دانشمندانی که به این مراکز روی می‌آوردند بیشتر از خاور نزدیک و مدیترانهٔ شرقی برمی‌خاستند. یکی از وجوه مشترک همهٔ این دانشمندان آن بود که یا در اسکندریه می‌زیستند یا دست‌کم دورهٔ آموزشی و پژوهشی خاصی را در آنجا می‌گذراندند. یکی دیگر از کانونهای دانش و پژوهش آن زمان که ارتباط مستقیمی با اسکندریه نداشت، در شهر جندی‌شاپور (جنوب ایران) به رونق و شکوفایی چشمگیری دست یافته بود. این مرکز علمی پررونق در زمان ساسانیان (قرن سوم میلادی به بعد) به وسیلهٔ مسیحیان نسطوری که از آزارها و شکنجه‌های دولت بیزانس می‌گریختند پایه‌گذاری شده بود و مکتب پزشکی آنجا بخصوص شهرتی پردامنه داشت، ولی علوم دیگر نیز در آنجا تعلیم داده می‌شد. بخشی از اهمیت علمی جندی‌شاپور در جذب آراء و اندیشه‌های علمی هند بود.

اینک شاید بد نباشد که توصیفی اجمالی از وضع علم و تکنولوژی حوزهٔ خاورمیانهٔ مدیترانه‌ای در آستانهٔ ظهور اسلام عرضه داریم.

۱-۱-۱ علم

فعالیت علمی اسکندریه بر محور دو نهاد علمی ـ پژوهشی عمده، یعنی موزه و کتابخانه متمرکز شده بود که هر دو را در اواخر قرن چهارم ق.م. پایه‌گذاری کرده بودند. اعضای موزه به طور شبانه‌روزی در آنجا می‌زیستند، دستمزد دریافت می‌داشتند، و در پژوهشهای خویش از منابع موجود در کتابخانهٔ بی‌نظیر اسکندریه استفاده می‌کردند که بیش از ۷۰۰,۰۰۰ جلد کتاب در اختیار داشت.

مکتب علمی اسکندریه به طور کلی تحت نفوذ آراء و اندیشه‌های ارسطویی قرار داشت. با این‌حال، دانشمندان و پژوهشگرانی که در آنجا به تحقیق و تعلیم می‌پرداختند اغلب به نتایجی می‌رسیدند که در قطب مخالف نظریات «استاد اوّل» قرار می‌گرفت. مباحث علمی را اصولاً مستقل از اندیشه‌های متافیزیکی فیلسوفان می‌دانستند ـ ولی نه لزوماً مخالف آنها. دانش هلنیستی که اساساً کیفیتی عملی داشت بیشتر متمرکز بر مطالعهٔ پدیدارهای طبیعی و تفسیر ریاضی آنها بود. بدین ترتیب، واقعیتهای ملموس و نظریه‌هایی که به طور مجرد وضع می‌شد چندان تجانسی با همدیگر نداشتند.

ریاضیات هلنیستی سخنگویان برجسته و نام‌آور داشت چون اقلیدس (نیمه اول قرن سوم ق.م.)، ارشمیدس (و. ۲۱۲ ق.م.) و آپولونیوس اهل پرگا[۳]، که از اواسط قرن سوم تا اوایل قرن دوم ق.م. در اسکندریه، اِفِسوس[۴] و پرگاموس[۵] می‌زیست. این ریاضیات کیفیتی به‌شدت هندسی داشت و به طور معمول حتی در مباحثی مانند حساب و جبر نیز راه‌حلهایی هندسی ارائه می‌داد. کتاب اصول[۶] اقلیدس شالودهٔ این نظام هندسی محسوب می‌شد و تا زمانهای اخیر نیز به عنوان سنگ زیربنای آموزش هندسی همچنان به قوت خود باقی مانده بود. کتاب اقلیدس به طور مبسوط دربارهٔ هندسهٔ مسطحه به شرح و تفصیل می‌پرداخت، ولی مباحث دیگری همچون نظریهٔ عمومی نسبت‌ها، خط راست و یا مقاله‌هایی در باب اشکال اساسی جامدات، کره، مخروط و استوانه نیز دربر داشت.

ارشمیدس مطالعات درخشانی در زمینهٔ تصویرهای مسطح و اشکال جامدات انجام داد و نظریه‌های خود را بیشتر برپایهٔ ملاحظات مکانیکی بنا نهاد تا بر اساس ملاحظات صرفاً ریاضی. با این‌حال، بعدها موفق شد که ترکیب دقیقی از این دو روش نسبتاً شهودی ارائه دهد که همین امر دلیل روشنی بر نبوغ او بود. ولی اوج مطالعهٔ مقاطع مخروطی را در کارهای آپولونیوس می‌یابیم که اصطلاحات «بیضی»، «سهمی» و «هُذلولی» را ابداع کرد و نشان داد که این

3) Apollonios of Perga
4) Ephesus
5) Pregamos
6) Elements

سه نوع منحنی را می‌توان با بریدن یک مخروط در جهت‌های مختلف به دست آورد.

یکی از آخرین ریاضیدانان یونان باستان دیوفانتوس[7] بود. نگرش خاص او با جدایی از گرایشهای ریاضی پیشین مشخص می‌گردد - هرچند بعضی از پژوهشهای اخیر نشان داده‌اند که وی را باید مدیون ریاضیدانان بابلی دانست، گو اینکه کارهای او بسی فراتر از دستاوردهای آنان می‌رود. روش کار دیوفانتوس بیش از آنکه ظاهری هندسی داشته باشد، کیفیتی اساساً جبری داشت، ولی روش او در نوشتن جوابها در قیاس با آنچه امروزه معمول است ابتدایی به نظر می‌رسد. با وجود این، دیوفانتوس از دست و پنجه نرم کردن با بعضی مسائل بسیار دشوار باز نماند و از همین مسائل بود که بعدها ریاضیدانان سودهای فراوان برگرفتند. یکی دیگر از مباحث ریاضیات علم مثلثات بود که کاربرد آن را بخصوص در کارهای بطلمیوس منجم و ستاره‌شناس مشاهده می‌کنیم. روش او مبتنی بر مطالعه و بررسی وترهایی بود که به قصد محاسبهٔ زاویه‌های مشهود در رصد ستارگان، بین دو نقطه از منحنی‌ها ترسیم می‌کرد. بطلمیوس از طریق قضیه‌ای که نام او را بر خود دارد نشان داد که چگونه می‌توان وتر تفاضل یا جمع دو قوسی را که وترهایشان معلوم باشد محاسبه کرد. بدین سان، وی توانست جدولی از وترها ترتیب دهد که در محاسبات نجومی اهمیتی بسزا داشت.

کارهای نجومی بطلمیوس که بین ۱۲۷ و ۱۵۱ میلادی در اسکندریه به اوج شکوفایی خود رسید، به صورت مقاله‌ها و رساله‌های استانداردی درآمد که در طول چهارده قرن بعدی، به رغم تغییرات قابل توجهی که ستاره‌شناسان مسلمان بدانها وارد ساختند، همچنان حاکم بر علم نجوم باقی ماند. تردیدی نیست که بطلمیوس مطالعات نجومی خود را با توجه به کارهایی انجام می‌داد که پیشینیان او، به ویژه هیپارخوس[8]، به سامان رسانده بودند. هیپارخوس بیشتر رصدهای خویش را بین سالهای ۱۶۱ و ۱۲۷ ق.م. در رودس[9] و اسکندریه انجام

---

7) Diophantos
8) Hipparchos
9) Rhodes

داده بود. با این حال، اثر مشهور بطلمیوس، رساله‌ای در باب ریاضیات (که به زبان عربی المجسطی[10] و به زبان لاتین قرون وسطی آلماجست[11] نامیده می‌شد) کاملترین توصیف نظام زمین مرکزی[12] بود که کرهٔ زمین را در مرکز عالم قرار می‌داد. با وجود این، برای توضیح هرچه دقیقتر حرکات خورشید، ماه و سیارات، بطلمیوس لازم می‌دانست که بپذیریم، اولاً، این اجرام آسمانی روی مدارهایی مدور حرکت می‌کنند که مرکز آنها اندکی با مرکز زمین فاصله دارد و، ثانیاً، این نقاط مداری خود مرکز دایره‌هایی کوچکتر به نام «فلک تدویر»[13] هستند که خورشید و ماه و دیگر سیارات بر گرد محیط آنها در حرکتند. بدین ترتیب، بطلمیوس به کمک مثالهای دقیق، رصدهای بی‌شمار و احتجاجهای ریاضی زیرکانه قادر به ارائهٔ مدل خاصی از منظومهٔ شمسی شده بود که به طور کلی با رفتار واقعی همهٔ اجرام آسمانی تطبیق می‌کرد.

بطلمیوس دربارهٔ نور هم رساله‌ای نگاشت که در آن نظریهٔ نادرست اقلیدس را مورد تأیید قرار داد - منظور نظریه‌ای است که به موجب آن چشم برای دیدن اشیای پیرامون خود پرتوهای نورانی صادر می‌کند. با این‌حال، هر دو آنها متوجه شده بودند که نور با سرعتی خارق‌العاده و در امتداد خط راست حرکت می‌کند. بطلمیوس مطالعاتی نیز در زمینهٔ انعکاس و شکست نور در محیط‌های شفاف مانند هوا و آب انجام داد و کوشید قوانینی برای توضیح مشاهدات خود وضع نماید.

دستاوردهای هلنیستی در زمینهٔ مکانیک و هیدروستاتیک چشمگیر است و بخصوص کارهای ارشمیدس و هرون اسکندرانی در این عرصه از اهمیتی خاص برخوردار است. ارشمیدس مسئلهٔ هیدروستاتیک را از طریق قانونی که نام او را بر خود دارد حل کرد و، چنانکه مشهور است، این کار را از طریق تعیین دقیق نسبتهای طلا و نقره در تاج پادشاهی به نام هیرون[14] انجام داد. برای تخمین میزان خلوص طلای این تاج، وی تاج را یک بار در هوا و یک بار در آب وزن کرد و، سپس، ارقام به‌دست‌آمده را با وزن مقادیر معادلی از طلا و نقرهٔ خالص در هوا

---

10) al-Majesti 11) Almagest 12) Geocentric system
13) epicycle 14) Hieron

و آب مقایسه کرد.[۱۵] ارشمیدس در زمینهٔ وزن مخصوص اجسام و مباحث مختلف علم مکانیک نیز مطالعاتی به عمل آورد. هرون اسکندرانی نیز به نوبهٔ خود آزمایشهای علمی جالبی در مورد اصول آئروستاتیک، هیدروستاتیک و دینامیک انجام داد. این آزمایشها که وی آنها را در آثاری زیر عنوانهای پنوماتیک[۱۶] و مکانیک[۱۷] توصیف می‌نماید، از نظر مهندسی نیز حائز اهمیت بسیار است.

بسیاری از فرایندهای شیمیایی مورد عمل در صنایع دستی نیز به وسیلهٔ نویسندگان کلاسیک و هلنیستی شرح داده شده است. پدیدارهای شیمیایی هرگز به‌دلیل اهمیت ذاتی آنها مورد مطالعه قرار نمی‌گرفت بلکه بیشتر به عنوان تمثیل و تصویر در احتجاجهای فلسفی به کار گرفته می‌شد. بولوس[۱۸] مصری اهل مِندِس که در اوایل قرن دوم ق.م. می‌زیست رسالهٔ جالبی نوشت که در متن آن می‌کوشید کیمیاگری مصر باستان را به نحوی با مفاهیم طبیعی و مافوق طبیعی فلسفهٔ یونانی تلفیق نماید. تشخیص و تفکیک عناصر رمزآلود کیمیاگری از ویژگیهای علمی آن کار متخصصان است، ولی تردیدی نیست که این علم نقش بسیار مهمی در ظهور و توسعهٔ شیمی مدرن و تکنولوژی شیمیایی ایفا کرده است.

پس از پایان قرن سوم میلادی، ما شاهد نوعی افول درکارهای علمی اصیل دنیای هلنیستی هستیم. از این زمان به بعد، گرایشی نیرومند به سوی نوشتن تفسیرها و توضیحاتی بر آثار دانشمندان بزرگ قرون پیشین به چشم می‌خورد. با وجود این، مجموعه آثار اصلی دانشمندان دوره‌های کلاسیک و هلنیستی همچنان درکتابخانه‌های مراکز معتبر علمی و آموزشی باقی‌ماند، و همین مواد و مصالح نوشتاری است که پس از ظهور اسلام مبنای نهضت ترجمه قرار می‌گیرد.

---

۱۵) روش واقعی حل این مسئله – صرفنظر از اسطوره‌ای که در اطراف آن ساخته و پرداخته شده از نظر علمی پیچیده‌تر از روایتی است که در کتابهای عامه‌پسند ذکر می‌شود. در قرن هفدهم، گالیله نیز همین مطلب را پیش می‌کشد و در ضمن رساله‌ای زیر عنوان «ترازوی آبی ارشمیدس» می‌کوشد تا روش کار واقعی ارشمیدس را در این مورد به دقت تشریح نماید. خوانندهٔ علاقه‌مند می‌تواند برای مطالعهٔ این رسالهٔ جالب به کتاب «گالیله» از مجموعهٔ «تاریخ علم و تکنولوژی» (انتشارات علمی و فرهنگی) رجوع نماید – م.

۲-۱-۱ تکنولوژی

ویتروویوس[19] (قرن اول ق.م.) در اثری زیر عنوان در باب معماری[20] بسیاری از تکنیکها و دستگاههای مورد استفاده در مهندسی مکانیک و عمران و صنعت ساختمان را شرح می‌دهد. وی همچنین از چند مهندس هلنیستی، از جمله کتسبیوس[21] (نیمهٔ اول قرن سوم ق.م.) و معاصر او فیلون نام می‌برد. کتسبیوس چند نوع ساعت آبی و بعضی آلات و ادوات دیگر ساخته است، ولی ما فقط از طریق ویترוویوس با کارهای او آشنایی داریم. ولی، کارهای فیلون و جانشین او، هرون اسکندرانی، از طریق ترجمه‌های عربی به زمان ما رسیده است و بررسی این آثار حاکی از آن است که هر دو آنها دستگاههایی ابداع کرده بودند که برخی از اصول اساسی مکانیک، آئروستاتیک و هیدروستاتیک را ملاک عمل قرار می‌دادند. خود ویتروویوس نیز ابزارها وماشینهای گوناگونی را توصیف می‌نماید که از جمله آنها می‌توان به دستگاههایی چون چرخ آب یا چرخ عمودی زیرگرد (ر.ک. تصویر ۹-۲)، چند نوع دستگاه برای بالاکشیدن آب و نیز ماشینهایی برای بالا بردن اجسام سنگین اشاره کرد. می‌دانیم که انواع چرخابهای زیرگَرد و روگَرد عمودی و افقی در آسیابهای خاورمیانه و اروپای پیش از قرن هفتم میلادی، مورد استفاده قرار می‌گرفته است، ولی در مورد استفاده از این نوع چرخابها برای دیگر مصارف صنعتی هنوز شواهد مستندی به دست نیامده است.[22]

مهندسی عمران را به گستردگی هرچه تمامتر در روشهای آبیاری معمول در مصر و بین‌النهرین باستان، با آب‌بندها و آبگیرهای گوناگونشان بازمی‌یابیم. رومیها، ایرانیها و عربهای یمن به ساختن سدهای مستحکم و نسبتاً بزرگ نیز مبادرت می‌ورزیدند تا از گردآوری آبهای ناچیز رودها و وادی‌ها در پشت سدها، مخازن بزرگی از آب برای آبیاری و ایجاد فشار بیشتر بر پره‌های آسیابها استفاده

19) Vitruvius 20) de Architectura 21) Ctesbios

۲۲) برای آگاهی بیشتر از تحول تاریخی شگفت‌انگیز این نوع چرخابها به عنوان منبع انرژی رجوع فرمایید به کتاب تکنولوژی به زبان ساده (انتشارات علمی و فرهنگی، تهران ۱۳۷۲، ص‌ص ۷۱ - ۹۷) - م.

کنند. رومیهای باستان بخصوص در زمینهٔ تأمین و انتقال آب برای مصارف گوناگون تأسیسات چشمگیری مانند کانالهای آب‌بَر در ارتفاعات زیاد و تدارک و تعبیهٔ لوله‌های سربی برای بالا کشیدن آب اعماق دره‌ها به طریقهٔ سیفون ساخته‌اند که نمونه‌هایی از آنها هنوز هم در کشورهای اروپایی به چشم می‌خورد.

افزون بر اینها، رومیهای غربی و شرقی (بیزانس) و همچنین ایرانیان عهد ساسانیان شبکه‌هایی از راههای منظم و طبق اصول مهندسی ساخته بودند که برای عبور از رودها و بریدگیهای زمین با پلهای مستحکم و نیرومندی تکمیل می‌شد.

سوارنظام یکی از مهمترین رسته‌های هرنوع نیروی نظامی بوده و به طور معمول از سلاحهایی چون شمشیر، نیزه و کمانهای گوناگون استفاده می‌کرد. با این حال، فقط در آستانهٔ ظهور اسلام بود [دههٔ دوم قرن هفتم میلادی] که رکاب مورد استفادهٔ همگانی واقع شد. کمان پولادی در طی دورهٔ هلنیستی سلاحی شناخته‌شده بود ولی ظاهراً در ارتشهای بیزانس و ساسانیان چندان کاربردی نداشته است. برعکس، ماشینهای مخصوص قلعه‌گیری را به‌خوبی می‌شناختند و به‌کار می‌گرفتند و به قصد ایجاد انرژی لازم برای جهاندن سنگ یا دیگر پرتابه‌ها معمولاً از الیاف تاب‌خورده یا الوارهای بلند استفاده می‌کردند. علاوه بر اینها، امپراتوری بیزانس دارای ناوگان سهمگینی از کشتیهای جنگی بود و اسکله‌های وسیعی در آسیای صغیر، سوریه و مصر در اختیار داشت.

در دو امپراتوری بزرگ بیزانس و ساسانیان، کارگاههای پارچه‌بافی فراوانی وجود داشت که در آنها پارچه‌های پشمی، ابریشمی و کتانی بافته می‌شد. با این وصف، تولید انبوه پارچه‌های کتانی و پنبه‌ای تا زمان ظهور اسلام هنوز شروع نشده بود. در طی قرنهای دوم و سوم میلادی، تکنیکهای جدید بافندگی در سوریه و بین‌النهرین علیا اختراع شده بود تا صنعت نساجی را همگام با پیدایش الیاف جدید و تغییر و تحول سلیقهٔ خریداران به پیش ببرند. در همین زمان، صنعت رنگرزی نیز که متحد صنعت نساجی محسوب می‌شد انگیزه‌ساز رشد سریع تکنولوژی شیمیایی بود. در نخستین قرن ق.م.، شیشه‌گری دَمِشی در

سوریه اختراع شده بود و بدین طریق تولید ظروف شیشه‌ای با شکلهایی تازه ارزانتر تمام می‌شد و ظروف شیشه‌ای به صورت لوازم جاری و همگانی تجهیزات خانگی درآمد.

۲-۱ پاره‌ای از عوامل نوآوری در تکنولوژی اسلامی

ارتباط موجود بین تکنولوژی و دو عامل اساسی ـ یعنی کشاورزی و صنعت ـ در سرتاسر فصول این کتاب مورد بحث قرار خواهد گرفت. از این نظر، در حال حاضر می‌توانیم به بعضی دیگر از عوامل مؤثر برتکنولوژی اسلامی بپردازیم. این عوامل به طور کلی عبارتند از اسلام به عنوان مذهب و به عنوان جامعه؛ سیاست علمی دولت؛ و مهارتهای آشکار و پنهان به‌ارث‌رسیده از اعصار پیش از اسلام.

۱-۲-۱ مذهب و وحدت فرهنگی اسلام

بحث دربارهٔ نقش اسلام به عنوان مذهب در ایجاد نوعی نوزایی یا رنسانس تمدن عربی زاید به نظر می‌رسد، چون بدون اسلام چنین تحولی به احتمال قوی هرگز روی نمی‌داد. در بخشهای گوناگون این کتاب ما به پاره‌ای از دستاوردهای تکنولوژیکی جهان اسلام در زمینه‌های کشاورزی، صنعت، فنون جنگ، و عرصه‌های مختلف زندگی روزانه اشاراتی خواهیم داشت. اگر قرار باشد این دستاوردها را مورد تحلیل قرار دهیم، به روشنی خواهیم دید که آیین اسلام در تمام این دستاوردها به عنوان نیرویی مثبت عمل می‌کرده است.

شکوفایی علم و فرهنگ در تمدن اسلامی حاصل کیفیت فزایندهٔ زندگی مادی در شهرهای اسلامی بود. گسترش زندگی شهری در این مراکز تجمع افراد قبایل، رونق مادی، صنایع متنوع محلی، بازرگانی محلی و بین‌المللی و شکوفایی علم و فرهنگ با همدیگر پیوندهایی متقابل داشتند و هیچیک از عرصه‌های گوناگون این زندگی شهری مسلماً بدون توسعهٔ تکنولوژی از رونق و شکوفایی برخوردار نمی‌شد. بنابراین، هرگاه بپذیریم که اسلام نیروی محرک این

گسترش شهرنشینی بوده است، این را هم باید بپذیریم که نیروی پیش‌برندهٔ رونق و رفاه این شهرها و بنابراین تلاشهای تکنولوژیکی مرتبط با زندگی شهری نیز از آیین جدید اسلام سرچشمه می‌گرفته است.

علاوه بر تأثیرات مثبت جهان‌بینی اسلامی به عنوان مذهب، اسلام تأثیر تاریخی منحصر به فردی نیز در تحول بشریت برجای گذاشته است. منظور متحد ساختن تمدنهای گوناگونی از مرزهای چین تا سواحل اقیانوس اطلس در زیر لوای یک تمدن واحد است. این منطقهٔ وسیع دربرگیرندهٔ سرزمینهای تمدنهایی باستانی است که در عین حال جایگاه آخرین تمدنهای خاور نزدیک، مانند تمدن هلنیستی، نیز بوده‌اند. این منطقهٔ وسیع در طول نخستین قرن اسلام عملاً به وسیلهٔ حکومت واحدی اداره می‌شد. ولی مهمتر از همه، این موضوع بود که حتی پس از ظهور و جان گرفتن حکومتهای محلی گوناگون نیز وحدت فرهنگی کشورهای اسلامی محفوظ ماند. اسلام سد و بندهایی را که موجب انزوای این سرزمینها شده بود از میان برداشت و پهنهٔ گسترده‌ای به وجود آورد که مردم آن همه دارای یک دین و یک زبان ادبی و علمی واحد بودند. این وحدت فرهنگی تضمین‌کنندهٔ رفت و آمد آزاد و تجارت آزاد با چین در شرق و اسپانیا در غرب هم بود. دانشمندان و اهل ادب آزادانه در این منطقهٔ وسیع رفت و آمد داشتند و فواصل دور و درازی را زیر پا می‌گذاشتند تا با یکدیگر ملاقات کنند و به بحث و گفت‌وگو بنشینند. این درست است که امویان حاکم بر اسپانیا خلافت عباسیان در بغداد را به رسمیت نمی‌شناختند، ولی به رغم این دوگانگی، همواره پیوندهایی بین اسپانیا و سرزمینهای شرقی اسلام وجود داشت.

۲-۲-۱ دولت و سیاست علمی آن

نابجا می‌دانیم که به هنگام بحث از علم و تکنولوژی اسلامی، اصطلاح امروزی «سیاست علمی» را به کار بریم. در تاریخ اسلام، نکتهٔ مهم این است که مدنیت تنها در سایهٔ حکومتی پایدار رونق گرفت که از مشیِ علمی آگاهانه‌ای پیروی می‌کرد. حتی در زمانهایی هم که تعدادی دولتهای اسلامی کوچکتر پدید آمدند، هرکجا که حکومتی مستقل و ارتشی ملی وجود داشت، علم و تکنولوژی نیز به شکوفایی گرایید. مبانی سیاست علمی دولت اسلامی در عمل عبارت بود از

گسترش زبان عربی و نهضت ترجمه؛ بنیانگذاری مراکز علمی و آموزشی، رصدخانه‌ها و کتابخانه‌ها؛ حمایت از دانشمندان و پیشبرد پژوهشهای علمی و تکنولوژیکی؛ و همچنین ادارهٔ مستقیم بعضی از صنایع و پروژه‌های ملی. در طول این کتاب، نمونه‌های گوناگونی از نقش دولت در ایجاد و ادارهٔ پروژه‌های مختلف ارائه خواهد شد. بنابراین، در این مقطع خواهیم توانست بعضی از دیگر جنبه‌های نوآوری در تکنولوژی اسلامی را به‌اجمال مطرح سازیم.

۳-۲-۱ استعراب و نقش زبان عربی

هنگامی که از دستاوردهای تمدن اسلامی سخن می‌گوییم، بی‌درنگ ذهن ما متوجه میراث نوشتاری عظیمی می‌شود که در تمام شاخه‌های معرفت پدید آمده و به ما رسیده است. برآورد شده است که در حال حاضر، به رغم ویرانیها و ضایعات بی‌شمار، بالغ بر ربع ملیون دستنوشته از علمای جهان اسلام در کتابخانه‌های مختلف دنیا وجود دارد که بیشتر آنها به زبان عربی است. و تازه، این رقم شامل مجموعه‌های خصوصی ثبت‌نشده نمی‌شود.

مذهب اسلام و زبان عربی دو نیروی وحدت‌بخش دولت اسلامی بودند. این دو عامل همواره پیوندی نزدیک داشته‌اند. عربی زبان قرآن است و از این لحاظ در نظر همهٔ مسلمانان محترم است. ولی اعجاز واقعی تمدن اسلامی آن بود که زبان عربی به صورت زبان مشترک همهٔ مردمانی درآمد که بین بغداد و قرطبه (اسپانیا) می‌زیستند. زبان عربی هم زبان زندگی روزمره بود و هم زبان علم و ادب و به این معنا در عمل جانشین کامل زبانهای قُبطی (مصر)، آرامی، یونانی و لاتین شد. در فراسوی بغداد نیز اسلام و زبان عربی تأثیری بسزا برجای گذاشتند. زبانهای فارسی و ترکی نیز به صورت زبانهای اسلامی درآمدند و زبان عربی حتی زبان مردمان دیگری را هم که اسلام آورده بودند، تحت تأثیر قرار داد. در طول دورهٔ هلنیستی زبان یونانی نتوانسته بود به صورت زبان مشترک مردم خاورنزدیک درآید. زبان یونانی تا حدّی به صورت زبان ادبی و علمی درآمد ولی فقط در مدارس اسکندریه و دیگر شهرهای بزرگ به کار گرفته می‌شد. در این ناحیه، مهمترین زبانهای دوران هلنیستی آرامی و قبطی بودند. مردم عادی و پیشه‌وران قادر به خواندن و نوشتن زبان یونانی دانشمندان و مدرسان نبودند. در

زمان تسلط رومیان، ناکامی زبان لاتین در خاور نزدیک از این‌هم بیشتر بود. زبان لاتین حتی در عرصه‌های فرهنگی نیز نتوانست جانشین زبان یونانی شود، و البته هیچگاه به صورت زبان عامهٔ مردم هم درنیامد. ولی در زمان اسلام مردمِ تمدنهای باستانیِ خاور نزدیک و حوزهٔ مدیترانه همه برای نخستین بار در تاریخ به زبان مشترکی سخن می‌گفتند و می‌نوشتند.

زبان عربی در ظهور و اعتلای علم و فرهنگ اسلامی نقش عظیمی ایفا کرد. خلفای بغداد از همان اوایل حکومت امویان به اهمیت این نکته پی بردند. علوم یونانیان، علوم خاور نزدیک (اعم از هلنیستی و سریانی) و همچنین علوم هند را می‌بایست به عربی ترجمه کرد، زیرا به وضوح عیان شد که هیچ علمی فقط به صرف مطالعات چند دانشمند و پژوهشگر معدود، آن‌هم به زبانی بیگانه، به شکوفایی نخواهد رسید. با ترجمهٔ علوم و فنون رایج به زبان عربی سد و بندهای بین اهل علم و مردم عادی از میان برداشته شد و آموختن و یادگیری در اختیار همگان قرار گرفت.

انعطاف‌پذیری تحسین‌آمیز زبان عربی دانشمندان را قادر ساخت که اصطلاحات علمی و تکنولوژیکی دقیقی پدید آورند که بیانگر مفاهیم پیچیدهٔ علمی و فنی باشند. در ضمن، دانشمندان دنیای اسلام هیچ امتناعی نداشتند از آن‌که در صورت لزوم بعضی از واژه‌ها یا اصطلاحات زبانهای دیگر را نیز به وام گیرند. کتابهای فنی متعددی که به دست برادران بنوموسی، الجزری، رضوان، تقی‌الدین و دیگران نوشته می‌شد زبانی بسیار ساده داشت چون همهٔ آنها به کاربردهای عملی مطالب کتابهای خود نظر داشتند و همهٔ کوششهایشان مصروف آن می‌شد که مفاهیم پیچیدهٔ فنی و مهندسی را به معنای دقیق آنها بیان کنند همچنین شاهد آن هستیم که همهٔ مهندسان و اهل فن از اصطلاحات واحدی استفاده می‌کردند که میان پیشه‌وران و صنعتکاران آن دوران رواج داشت و بسیاری از آنها تا امروز هم هنوز رواج دارند. در نوشته‌های برادران بنوموسی و الجزری بعضی خطاهای دستوری به چشم می‌خورد، ولی این امر خدشه‌ای به اعتبار و دقت علمی آنها وارد نمی‌سازد. واژه‌ها و اصطلاحات نویسندگان یادشده را در فرهنگنامه‌های کلاسیک نمی‌یابیم، ولی در کتابهای فنی با آنها آشنا می‌شویم ـ موضوعی که در روزگار ما هم هنوز صادق است. تردیدی نیست که

این نقیصه را باید برطرف کرد، و در واقع این وظیفهٔ فرهنگ‌نویسان است که کار خود را همپای پیشرفت زبان تکمیل نمایند.

۴-۲-۱ فرهنگستانها، مدارس، رصدخانه‌ها، و کتابخانه‌ها

خلفا و حکمرانان اسلامی برای استقرار و اجرای سیاست علمی خود به ایجاد فرهنگستانها، مدارس، رصدخانه‌ها و کتابخانه‌های گوناگون همت می‌گماشتند. یکی از این نوع مراکز، بیت‌الحکمه (خانهٔ حکمت) در بغداد بود که به دست مأمون خلیفهٔ عباسی بنیاد نهاده شد. حکمرانی مأمون از سال ۱۹۸ هجری، معادل ۸۱۳ میلادی، آغاز گشت. این فرهنگستان از طریق ترجمهٔ آثار فلسفی و علمی به زبان عربی خدمت بزرگی انجام داد و تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر توسعهٔ علم و اندیشهٔ اسلامی به عمل آورد. هیئتهایی از سوی این مرکز به روم (بیزانس) گسیل می‌داشتند تا به گردآوری کتابها و رساله‌های معتبر پردازند. این فرهنگستان که دارای هیئت علمی نیرومندی مرکب از دانشمندان، مترجمان و همچنین نسخه‌برداران و صحافان زبردست بود، در فضایی بی‌نهایت مداراگرانه و باز عمل می‌کرد، چنانکه در میان اعضای آن هم شخصیتهای علمی معروفی مانند برادران بنوموسی دیده می‌شدند که مسلمان بودند و هم شخصیتهای مشهور دیگری مانند حنین ابن اسحاق، که مسیحی نسطوری بود یا ثابت بن قُرَه که مذهب صابئی داشت. دو رصدخانهٔ بزرگ، یکی در بغداد و دیگری در دمشق، وابسته به همین مرکز بودند. بیت‌الحکمه در حقیقت توسعهٔ طبیعی همان سیاست استعراب بود. پیش از مأمون نیز کتابخانهٔ بزرگی به نام خزانة‌الحکمه به وسیلهٔ هارون‌الرشید و برمکیان ایجاد شده بود که نهضت ترجمه را به شدت پیش می‌راند (۹۳ - ۱۷۰ هجری / ۷۸۶ - ۸۰۹ میلادی).

در زمان فاطمیان (۲۹۷ - ۵۶۷ هجری / ۹۰۹ - ۱۱۷۱ میلادی) همین سیاست ادامه یافت. قصر خلیفه دارای کتابخانه‌ای عظیم بود، وَ مجالسی برای بحث و گفت‌وگوی اهل علم و ادب ترتیب داده می‌شد. در ۳۹۵ هجری / ۱۰۰۴ میلادی، خلیفهٔ فاطمی الحکیم دارالحکمه (خانهٔ علم) جدیدی برپا کرد که آن هم در محوطهٔ قصر جای داشت. این خانهٔ علم علاوه بر کتابخانه، دارای تالار مطالعه‌ای بود که محل تشکیل جلسات بحث و گفت‌وگوی اهل سنت، فقها،

نحویان، اهل منطق، مجتهدان، منجمان و ریاضیدانان بود. دارالحکمه تحت نظر مدرس رسمی و آگاهی اداره می‌شد که به طور معمول دانشمندان رشته‌های مختلف علمی را برای شرکت در سمینارهای منظم دعوت می‌کرد. این فرهنگستان نیز کتابهای مربوط به همهٔ رشته‌های علمی را گرد می‌آورد، کتابها را فهرست‌بندی می‌کرد، و کتابداران و نسخه‌برداران و صحافانی خاص خود داشت. مدرسان و سخنرانانی برای تعلیم و تدریس رشته‌های مختلف دعوت می‌شدند و امکانات و تسهیلات مرکز از جمله قلم و کاغذ و مرکب به طور رایگان در اختیار همگان قرار می‌گرفت. دارالحکمه و خزانة‌الحکمه از جمله اسامی و عناوینی هستند که به طور معمول برای نامیدن مؤسسات علمی و کتابخانه‌ها انتخاب می‌کردند. کتابخانه‌های گوناگون به تقلید از بیت‌الحکمه بغداد و دارالحکمه قاهره در سرتاسر سرزمینهای اسلامی برپا شده بود. بعضی از آنها به وسیلهٔ منابع عمومی و بعضی دیگر از طریق موقوفه‌ها و منابع شخصی ایجاد می‌شد. افزون بر اینها، همهٔ مساجد نیز دارای کتابخانهٔ خاص خود بودند و کتابهای آنها معمولاً از سوی مردم اهدا می‌شد. همچنین رسم شده بود که خلفا، امیران، وزیران و مدرسان نیز کتابخانه‌هایی ایجاد نمایند. تعداد این‌گونه کتابخانه‌ها چنان زیاد است که در اینجا فرصت آن نخواهد بود که اطلاعاتی راجع به آنها در اختیار خوانندگان قرار دهیم.

مسجد همواره مرکز فراگیری بوده است و در نخستین سالهای توسعهٔ اسلام، بیشتر جلسات درس در مسجدها تشکیل می‌شد و مدرسان و دانشجویان (طلاب) معمولاً گوشه‌ای را در پناه یک ستون یا یک دیوار برای تشکیل جلسهٔ درس انتخاب می‌کردند. اصطلاح مدرسه به معنای تحت‌اللفظی محل درس، از همین زمان به وجود می‌آید و معمول می‌شود. اما به تدریج امر آموزش رسمیت بیشتری می‌یابد و ساختمانهای خاصی برای این کار در جنب مساجد برپا می‌شود و دانشگاه نیز که محل تدریس و تعلیم چند رشتهٔ مختلف علمی بود از همین مدرسه‌ها سرچشمه گرفت. مهمترین دانشگاههای دینی اسلامی عبارت بودند از الازهر در قاهره (شکل ۲-۱)، زیتونیه در تونس و قَرَویین در فاس (مراکش) (شکل ۳-۱). علاوه بر این، مدارس پزشکی نیز وابسته به بیمارستانها بودند و بدین ترتیب به صورت مجتمع‌هایی درمی‌آمدند که در عین حال وظیفهٔ

درمان و شفابخشی را همراه با تعلیم پزشکی و داروشناسی و دیگر موضوعهای وابسته انجام می‌دادند.

رصدخانه نیز به نوبهٔ خود نوعی سازمان علمی بود که کار تعلیم و پژوهش را به طور توأمان انجام می‌داد. پیش از این، اشارتی به رصدخانه‌های وابسته به بیت‌الحکمه داشتیم، ولی رصدخانه‌های دنیای اسلام به تدریج اهمیتی روزافزون می‌یافتند، چنانکه رصدخانهٔ مراغه، که خواجه نصیرالدین طوسی در آنجا کار می‌کرد، عملاً مؤسسهٔ علمی معتبری بود که بسیاری از دانشمندان در آنجا با یکدیگر همکاری داشتند. رصدخانهٔ الغ‌بیگ در سمرقند و رصدخانهٔ تقی‌الدین در استانبول (شکلهای ۴-۱ و ۵-۱) نمایشگر توسعهٔ بعدی این نوع سازمانهای علمی- پژوهشی بود که علم نجوم اسلامی در آنها به اوج خود رسید. همین دو رصدخانهٔ معروف بودند که بعدها الگوی نخستین رصدخانه‌های اروپایی، مانند رصدخانهٔ تیکوبراهه، قرار گرفتند.

گذشته از اینها، تعلیم و تربیت دانشمندان و مهندسان در محافل خصوصی و در محضر استادان پرآوازه نیز انجام می‌گرفت. این نوع دانشجویان استاد خود را یا در خانهٔ او یا در خانهٔ یکی از مریدان او ملاقات می‌کردند. این روش تعلیم همواره یکی از نیرومندترین و مهمترین راههای آموزش و فراگیری بوده است.

۵-۲-۱ حمایت از دانشمندان

حمایت از دانشمندان و اهل فن همواره یکی از سیاستهای عامدانهٔ دولت بود که در شخص خلیفه یا امیر تبلور می‌یافت. این سنت در سرتاسر قلمرو وسیع اسلام و در دولتهای اسلامی مستقل و کوچکتر نیز پذیرفته شد. اگر برادران بنوموسی در عصر طلایی خلافت اسلامی (قرن سوم هجری/ نهم میلادی) در بغداد به اوج شکوفایی رسیدند، الجزری نیز سیصد سال بعد در امیرنشین کوچک آمِد[۲۳] از حمایت کمتری برخوردار نبود. در تمام فرهنگستانها و کتابخانه‌ها، مدرسه‌ها، بیمارستانها و رصدخانه‌هایی که در بالا بدانها اشاره شد، تسهیلات مالی معینی در اختیار دانشمندان و اهل فن قرار می‌گرفت تا با آرامش

---

۲۳) واقع در «جزیره» بین رودهای دجله و فرات. - م.

خاطر و به طور تمام وقت خود را وقف تعلیم و تحقیق کنند. غالب دانشوران برای گذران زندگی خود مقرری دریافت می‌داشتند. در ضمن، باید افزود که این‌گونه حمایتهای مادی و معنوی منحصر به دانشمندان وابسته به تأسیسات یادشده در بالا نَبود بلکه در اوضاع و احوال گوناگونی شامل حال اهل علم می‌شد. برای مثال خلیفه المعتضد (وفات، ۲۹۰ هجری/ ۹۰۲ میلادی) در قصر خود برای استادان همهٔ رشته‌های علوم مسکن و اتاق کار تدارک دیده بود و به ازای جلسات درسی که در آنجا ترتیب می‌دادند به آنها مقرری و حق‌التدریس می‌پرداخت.

۶-۲-۱ پژوهش، آزمایش و اختراع

دولت به دانشمندان و مهندسان امکان داده بود تا همهٔ وقت و نیروی خود را به پژوهش و اختراع و نگارش اختصاص دهند. علاوه بر این، خلفا به روال جاری هیئتهایی از دانشوران ترتیب می‌دادند تا دربارهٔ پدیده‌های طبیعی به مطالعه و محاسبه یا گزارش‌نویسی بپردازند و یا تحقیقاتی در جهت بعضی مقاصد نظامی به عمل آورند. گزارشهایی در دست است که نشان می‌دهد دولت چگونه و تا چه حد نسبت به تهیهٔ باروت و سلاحهای آتشین علاقه و حساسیت به خرج می‌داد. در رساله‌ها و تاریخچه‌های مربوط به امور نظامی، گزارشهای گوناگونی از این نوع آزمایشها و نتایج آنها به چشم می‌خورد.

در آثار نوشتاری باقی‌مانده از آن زمان، نوعی روحیهٔ تحقیق و اختراع در میان اهل علم و فن کاملاً قابل ردیابی است و متن زیر از این لحاظ کاملاً گویا به نظر می‌رسد:

> حرفه‌ها و فنون مختلف از آن روی پدید آمدند و گسترش یافتند که مبتکر اصلی کار خود را به جانشینش منتقل می‌کرد. این جانشین کار او را با نگرشی نقدآمیز مورد بررسی قرار می‌داد و تا آنجا که برایش مقدور بود چیزهایی بدان می‌افزود. این فرایند آنقدر ادامه می‌یافت تا آن حرفه به حد کمال می‌رسید.

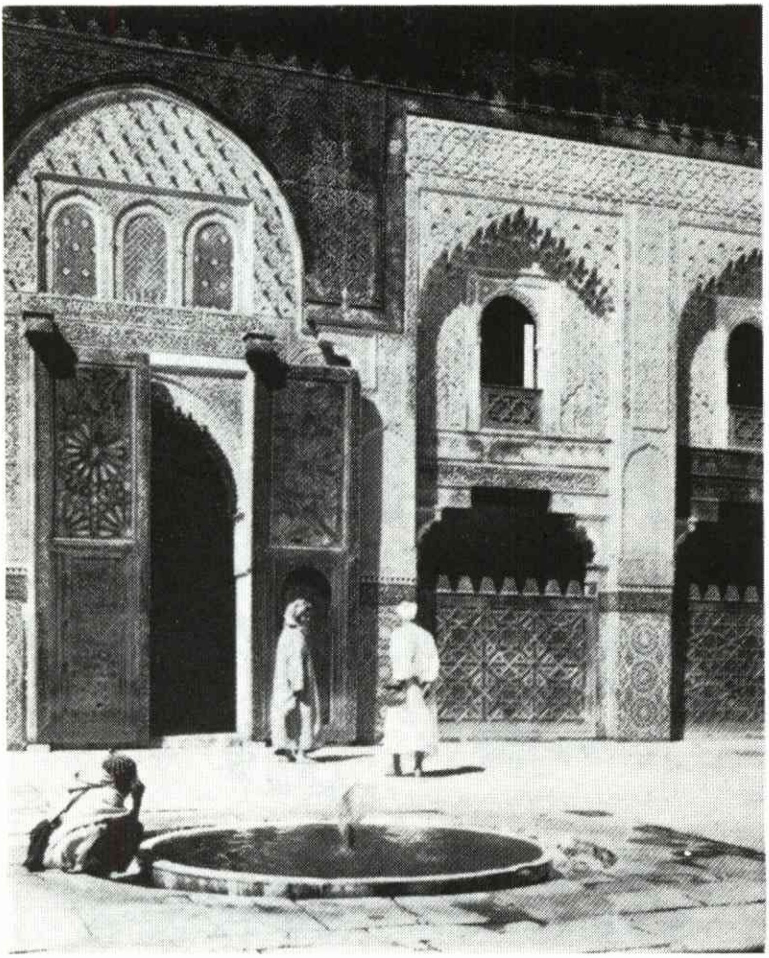
مؤلف همین متن، ابوالفرج عبدالله بن الطیّب (وفات ۴۳۵ هجری/ ۱۰۴۳ میلادی) توصیف‌کنندهٔ دورانی است که دانشمندان مسلمان کار خود را با مطالعه و بررسی کارهای پیشینیان خود آغاز می‌کردند:



۱-۲ نـمایی از حـ
مسجد دانشگاه دی
قاهره، که در قرن چه
دهم میلادی پایه‌گذا

در مطالعات خود ما پا در جای پای پیشینیان خویش نهادیم و رنجها بردیم تا توانستیم به درک و فهم درست کارهای آنها نایل آییم، و چه بسا که در ضمن تلاش برای درک بعضی از گفته‌ها و توضیحهای مبهم آنان به کشف مفاهیم و نکته‌هایی توفیق یافتیم که از آنچه آنان گفته بودند بسی فراترِ می‌رفت.

چنانچه، برای مثال، برادران بنوموسی را در نظر بگیریم، متوجه خواهیم شد که آنان در مرحلهٔ آغازین نهضت ترجمه می‌زیستند، ولی به سرعتی حیرت‌انگیز پای به مرحلهٔ تحقیق و ابداع و اختراع نهادند. آنان، به عنوان دانشمند و مهندس، رصدخانه‌ای شخصی در محل اقامت خویش بنا نهادند و علاوه بر این،



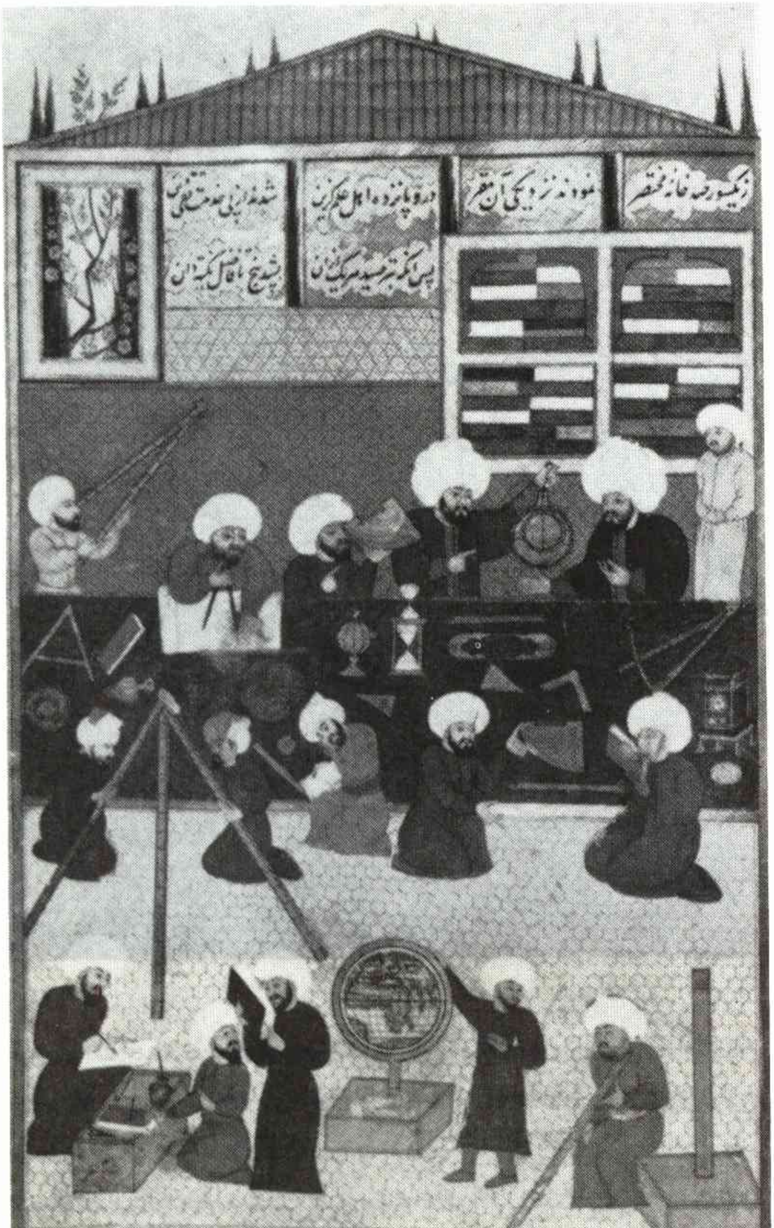
ردی مسجد دانشگاه
ی در فاس، مراکش.

رصدخانهٔ بزرگ بیت‌الحکمه نیز در اختیارشان بود؛ رصدهایی که به عمل آوردند و زیجهایی که ترتیب دادند از نظر دقت و اصالت مورد ارزیابی ستایشگرانهٔ منجمان بعدی قرار گرفت؛ و گذشته از اینها مطالعات گوناگونی در زمینهٔ پدیده‌های طبیعی به عمل آوردند و در چند هیئت علمی عضویت داشتند. نوآوری آنها بخصوص در نوشته‌های ریاضی و مهندسی آنان و در لابلای شرح و وصف صدها آلت و ابزار و دستگاه مختلف به چشم می‌خورد که در اثر مشهور خود، کتاب الحیل، عرضه داشته‌اند و از آن میان دست‌کم هفتاد و پنج تای



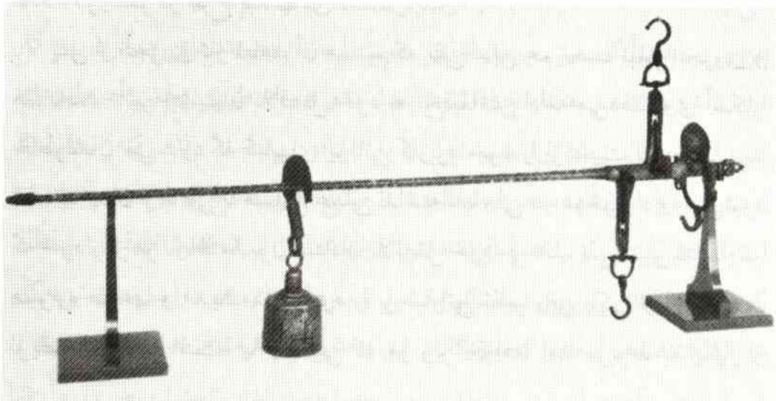
شکل ۴-۱ بخشی
رصدخانهٔ الغ‌بیگ در
در قرن پانزدهم میلاد
شده است.

آنها از ابتکارات خودشان بوده است. همچنان‌که به طور کلی در تاریخ تمدن دیده می‌شود، دانشمندان و مهندسان جهان اسلام نیز میراث پیشینیان خود را ارج می‌نهادند، ولی دستاوردهای گذشته را در قالب علم و تکنولوژی خاص زمان خود از طریق نوآوریها و ابتکارها و پژوهشهای کاربردی جدید به طور مداوم رشد می‌دادند. در نتیجه، نسلهای بعدی دانشمندان و مهندسان دنیای اسلام دستاوردهای پیشینیان خویش را بیش از هرچیز دیگری مورد بررسی و مطالعه قرار می‌دادند. چنین بود که در زمان الجزری (قرن ششم هجری/ قرن دوازدهم



۱-۵ تقی‌الدین و دیگر منجمان در رصدخانهٔ شخصی او در استانبول. مینیاتور از یک کتاب قرن شانزدهم میلادی (دهم هجری)، دانشگاه استانبول.

میلادی) ارتباط آنان با کتابهای ترجمه‌شده به ضعف گرایید، تا آنجا که منابع و مآخذ مورد استفادهٔ الجزری به طور کلی متعلق به دنیای اسلام بود.



۱-۶ نوعی ترازوی قپانی از مصر. این نوع ترازو به احتمال زیاد برای توزین کالاهای تجارتی در خلیج فارس مورد استفاده قرار می‌گرفته است. چون کالیبربندی آن با نوعی واحد وزن به عمل آمده که در بصره معمول بوده، ولی واحد وزن مخصوص مصر نیز روی آن دیده می‌شود. قرن دهم تا دوازدهم میلادی موزهٔ علوم، لندن، وام از «مجموعهٔ پتری»، یونیورسیتی کالج، لندن.

با این‌حال، نه برادران بنوموسی و نه الجزری صرفاً نقش شارح و مفسر طرحهای علمی و فنی دورانهای گذشته را ایفا نمی‌کردند. آنان به اهمیت اختراعها و ابداعات خویش آگاه بودند. در این زمینه، نمونهٔ الجزری بسیار گویاست، چه در همان حال که برادران بنوموسی را به سبب پیش‌کسوتی در طرح و عرضهٔ ماشینهای مکانیکی مختلف مورد ستایش قرار می‌دهد، به صراحت اظهار می‌دارد که شخصاً در طرحهای خاص خود افکار و نظریات آنان را دنبال نکرده است. عنوان کتاب الجزری، گزیده‌ای از نظریه و کاربرد فنون مکانیکی[۲۴]، خودبه‌خود گویای همین طرز کار است. وی به انتقاد از کسانی می‌پردازد که بدون اطمینان یافتن از عملی بودن طرحهای خود، دربارهٔ آنها کتاب می‌نویسند، و به صراحت می‌گوید که هرگونه علم صنعتی (علم صناعی) که به وسیلهٔ آزمایش وارسی نشده باشد علمی مشکوک شمرده می‌شود. در پاره‌ای از موارد، کتاب او توصیفهای منحصر به فردی از روشهای دقیق کالیبربندی به دست می‌دهد. برای مثال، وقتی نوعی آلت تنظیم جریان مایعات را عرضه می‌دارد، پیش از ارائه طرح خود، سه طرح قبلی موجود در همین زمینه را به طور تجربی مورد وارسی قرار می‌دهد و پس از آن‌که نقایص آنها را آشکار می‌سازد، طرح خاص خود را پیش می‌نهد و آزمایشها را آنقدر ادامه می‌دهد تا سرانجام به

24) Compendium of the Theory and Practice of the Mechanical Arts.

هدف مور نظر در طرح پیشنهادی دست یابد.

پس از الجزری باز شاهد آن هستیم که تقی‌الدین هم تحت تأثیر الجزری و هم تحت تأثیر پیشینیان بلافصل خود به تحقیقاتش ادامه می‌دهد. وی آشکارا خاطرنشان می‌سازد که کتابهای یونانی کاربرد خود را از دست داده و ناپدید شده‌اند چون ارتباطی با مسائل عملی نداشته‌اند، ولی در عوض یادآور می‌شود که خود را از هر لحاظ مدیون استادان بلافصل خود می‌داند. تقی‌الدین کتابهایش همواره طرحها و اندیشه‌های خود را با عباراتی نظیر «این یکی از اختراعهای نویسندهٔ حاضر است» یا «مطلبی که در زیر خواهد آمد مربوط به یکی از اختراعهای خود اینجانب است» مشخص می‌سازد.

۱-۲-۷ بازرگانی بین‌المللی

گذشته از کشاورزی و صنعت، بازرگانی بین‌المللی سومین منبع درآمد ملی در کشورهای اسلامی بود. موقعیت جغرافیایی - استراتژیکی دولتهای اسلامی که ناحیهٔ وسیعی بین شرق و غرب را زیر نظارت خود داشتند آنها را قادر می‌ساخت که در قرون وسطی بر دادوستدهای بین‌المللی تسلط داشته باشند، و ظهور و توسعهٔ سریع شهرهای بزرگ در سرزمینهای اسلامی نیز به این امر کمک می‌کرد، خاصه آنکه در این شهرها سوداگرانی رشد می‌یافتند که تا مدتها عامل اقتصادی - اجتماعی مسلط را تشکیل می‌دادند.

فراورده‌هایی که در سطح بین‌المللی مورد دادوستد قرار می‌گرفتند، بسیار متنوع بود. این فراورده‌ها دربرگیرندهٔ محصولات خود سرزمینهای اسلامی بود به اضافهٔ کالاها و محصولات چین و خاور دور و اروپا. چنان‌که وات، تاریخنگار، نوشته است، «این تجارت بین اروپا و دنیای اسلامی از بسیاری لحاظ شبیه دادوستدهای استعماری در قرنهای نوزدهم و بیستم بود، با این تفاوت کـه در آن زمان این اروپا بود که در موقعیت مستعمـره قرار داشت. واردات اروپا از سرزمینهای اسلامی به طور کلی عبارت بود از انواع کالاهای ساخته‌شده و، در عوض، صادراتش به آن سرزمینها عبارت بود از مواد خام و برده».

راه و رسم تجارت گسترش می‌یافت. سوداگران سرمایه‌های خود را به کار

می‌انداختند و به مشارکت با دیگران می‌پرداختند تا حجم سرمایه‌های موجود را افزایش دهند. گاه نیز سرمایه‌های خود را در دادوستدهای دیگران به کار می‌انداختند تا هم به کار خود تنوع بخشند و هم از طریق پخش سرمایه‌های خویش احتمال زیانهای مصیبت‌بار را به حداقل برسانند. رفته رفته استفاده از اعتبارات نیز میان آنها معمول شده بود. از منابع مالی خارج از طبقهٔ بازرگانان نیز استفاده می‌کردند، زیرا همهٔ افراد معتبر و سرشناس از شخص خلیفه یا سلطان گرفته تا رده‌های پایین‌تر دست‌کم بخشی از سرمایه‌های خود را در تجارت به‌کار می‌انداختند، همان‌طور که بازرگانان نیز بخشی از سرمایهٔ خود را به خرید و فروش زمین اختصاص می‌دادند.

پول دولتهای اسلامی در اروپا پذیرفته می‌شد. نمونه‌هایی از هزاران نوع سکه‌های اسلامی در اسکاندیناویا و حوضهٔ ولگا یافت شده است. این سکه‌ها مربوط به قرنهای اول تا پنجم هجری (هفتم تا یازدهم میلادی) است که دورهٔ تسلط مسلمانان بر تجارت بین‌المللی را تشکیل می‌داد، هرچند دینار طلای اسلامی تا چند قرن بعدی هم در اروپا همچنان رواج داشت. جریان تجارت در این دوره «طلای دنیای اسلام را به جریانهای تجاری عمده در اروپا وارد می‌ساخت و، سپس، آن را از طریق بیزانس یا به طور مستقیم به کشورهای مبدأ بازمی‌گرداند.» بیزانس همواره نسبت به غرب بستانکار بود و نسبت به شرق بدهکار. یکی از مراحل مهم تاریخ مالی اروپا هنگامی شروع می‌شود که دولت جنوا نخستین سکه‌های خود را در پایان دورهٔ فوق‌الذکر ضرب کرد.

صرّاف یا تبدیل‌کنندهٔ پولهای مختلف به یکدیگر، به صورت یکی از ویژگیهای بازارهای مسلمانان درآمده بود در منابع عربی از بانکهایی هم نام برده می‌شود که مرکزشان در بغداد بود، ولی در شهرهای دیگر نیز شعبه داشتند. سیستم چکها و حواله‌ها و غیره چنان رواج یافته بود که به آسانی می‌شد در بغداد چک کشید و آن را در مراکش تبدیل به پول نقد کرد. در گزارشها آمده است که در بصره، مرکز تجارت با شرق هر بازرگانی حساب بانکی مخصوص خود را داشت. پرداختها هیچگاه به طور نقدی صورت نمی‌گرفت بلکه از چک استفاده می‌کردند. این نکته نیز خود بسیار گویاست که کلمهٔ «چک» مشتق از کلمهٔ عربی

سکّ[۲۵] است.

دادوستدهای پررونق بین‌المللی تأثیراتی درازمدت داشت و در حقیقت منبع مهمی برای تولید ثروت بود و به کل اقتصاد بهره می‌رساند زیرا بازرگانان مازاد منافع خود را در کشاورزی به کار می‌انداختند، در حالی که صدور فراورده‌های محلی به شکوفایی صنایع کمک می‌کرد. گذشته از این، بازرگانان با تأمین سرمایه برای سازندگان و صنعتکاران آنها را قادر می‌ساختند تا به تولید کالاها و مواد اولیه‌ای بپردازند که به مقدار کافی از طریق واردات به دست نمی‌آمد. علاوه بر همهٔ اینها، بازرگانی بین‌المللی وسیلهٔ نیرومندی برای ایجاد ارتباط بین تمدنهای همعصر بود و موجبات انتقال تکنولوژیها را فراهم می‌آورد. بدین ترتیب، چنان‌که وات می‌نویسد «از طرق تماسهای تجارتی و از طریق حضور سیاسی در اسپانیا و سیسیل، فرهنگ برتر اسلامی به تدریج راه به سوی اروپای غربی گشود». این‌گونه مبادلات تجارتی چنان‌که بعداً آشکار شد تأثیراتی مستقیم بر تکنولوژی دریانوردی به عمل می‌آورد - هم در زمینهٔ ساخت کشتیهای بازرگانی و هم در زمینهٔ تکنیکهای ناوبری.

۱-۳ توسعهٔ علوم طبیعی در جهان اسلام

۱-۳-۱ رشد علم اسلامی

تا اینجا دیدیم که علم اسلامی، همراه با دیگر فعالیتهای اندیشه‌ورزانه، چگونه از تمدن هلنیستی که مرکز آن در اسکندریه بود ریشه گرفت و تمدن هلنیستی نیز چگونه از نخستین فرهنگهای مدیترانه‌ای و خاور نزدیک سیراب شده بود. همچنین دیدیم که فعالیتهای علمی چگونه در اثر حمایتها و ترغیبهای امیران و

---

۲۵) Sakk. قابل ذکر است که به روایت فرهنگهای جهانی (از جمله وبستر و لاروس)، کلمهٔ «چک» انگلیسی و فرانسوی - check یا cheque) مشتق از واژهٔ انگلیسی میانه chekke است که خود از واژهٔ فرانسوی قدیمی eschek می‌آید که این نیز خود مشتق از لاتین میانه scaccus یا scahus است و این واژه نیز از واژهٔ فارسی shâh (شاه) مشتق شده است که به صورت «چک - مات» در بازی شطرنج نیز به کار می‌رود و به معنای متوقف کردن یا حذف مهرهٔ «شاه» است. - م.

ثروتمندان دل‌آگاه استحکام یافت و چگونه ایجاد نهادهایی مانند فرهنگستانها، کتابخانه‌ها، مدرسه‌ها و رصدخانه‌ها وسایل زندگی و معیشت دانشمندان را چنان تأمین می‌کردند که بتوانند با فراغ بال به امور پژوهشی و علمی بپردازند. با این حال، نباید از نظر دور داشت که سرآغاز واقعی توسعهٔ علم در جهان اسلام زودتر از آغاز قرن سوم هجری، یعنی دویست سال پس از ظهور اسلام فرا نرسید.

کشف دلایل این فاصلهٔ زمانی چندان دشوار نیست. در طول دو قرن اولیهٔ پس از هجرت، اندیشه و انرژی انسانها بیشتر معطوف به استقرار دولت اسلامی بود. در حدود صد سال پس از هجرت (۷۲۸ میلادی) بود که حدود سرزمینهای اسلامی به اسپانیا و آسیای مرکزی رسید. حتی در آن زمان هم، پس از فتح هر منطقهٔ جدید، دوره‌ای برای تحکیم ریشه‌های اسلام در آن سرزمین و قبولاندن زبان عربی به جای زبانهای بومی اجتناب‌ناپذیر بود. نظامهای قانونی و شرعی جدیدی در هر منطقه مورد نیاز بود و سازگار ساختن مقررات مالی و قانونی موجود در هر مملکت با شرایع اسلامی به آسانی میسر نمی‌شد. در اواخر قرن دوم و اوایل قرن سوم هجری بود که تنی چند از اهل فضل مانند ابوزید، ابوعبید و اسمعی که در بصره به کار تدوین و تنظیم دستور زبان عربی مشغول بودند، به تهیهٔ چند فرهنگنامهٔ رسمی و اصول صرف و نحو زبان عربی توفیق یافتند تا همهٔ مسلمانان تحصیل‌کرده بتوانند برای بیان مفاهیم ادبی و علمی از آنها استفاده کنند. ولی منشأ نثر عرب به مدتها پیش از این تاریخ برمی‌گردد. در این زمینه، ما تاریخ ابن‌اسحق (وفات، تقریباً ۸۶ هجری/ ۷۰۵ میلادی) را داریم که از طریق چاپ جدید ابن‌هشام، و کارهای مورخانی چون مخنف و المدائنی به نقل از بلاذری و طبری به ما رسیده است. جریان جذب به بهترین وجه در نوشته‌های ابن‌مقفع (وفات ۱۳۸ هجری/ ۷۵۶ میلادی) دیده می‌شود که آثار زیادی را از زبان پهلوی به عربی ترجمه کرد و در آن میان بخصوص می‌توان از کلیله و دمنه نام برد که مجموعه‌ای از قصه‌های هندی است که ابن‌مقفع آنها را از نسخهٔ پهلوی به عربی برگردانده است. با این‌حال باید یادآور شد که از تحول علم در زمان خلفای راشدین و امویان چیز زیادی نمی‌دانیم. بسیاری از آثار این دوره ناپدید شده است. با این وصف، می‌توان حدس زد که کار ترجمه و تألیف آثار

علمی احتمالاً پیش از به قدرت رسیدن عباسیان شروع شده است، ولی جای تردید نیست که در بغداد قرن سوم هجری (قرن نهم میلادی) بود که فعالیتهای علمی مسلمانان به اوج شکوفایی خود رسید. در طول هفت قرن بعدی علم اسلامی در هر کجا و هر زمان که شرایط مساعد بود رشد و توسعه یافت.

بی‌گمان نهادهایی چون رصدخانه‌ها، کتابخانه‌ها و فرهنگستانها نقش مهمی در تداوم علم اسلامی بازی کردند. این امر، همراه با آمادگی اهل علم و جویندگان دانش برای پذیرفتن رنج صدها کیلومتر سفر و دوری از یار و دیار برای تلمذ نزد بزرگان علم و تحقیق یکی از مهمترین عوامل انتقال مجموعهٔ علوم رایج از محلی به محل دیگر و از نسلی به نسل دیگر بود. این نکته از خلال آثار اهل علم به‌خوبی مشهود است، چون در غالب کتابها و رساله‌های علمی آن زمان به صراحت می‌بینیم که مؤلفان آنها به دفعات از آثار پیشینیان خود یاد می‌کنند و آن‌هم به گونه‌ای که نشان می‌دهد آنان با دانشمندان و اهل فن مرجع خود آشنایی نزدیک داشته‌اند. بنابراین، تا حدی گمراه‌کننده خواهد بود که به طور جداگانه از علم مصر فاطمیان یا اسپانیای امویان یاد کنیم، زیرا در هر دو مورد ما با تجلی علوم و فنونی سر و کار داریم که عملاً در دسترس همهٔ دانشمندان جهان اسلام قرار داشت. مسلم است که هر دانشمند بزرگ و اصیل ممکن است پایه‌گذار روش یا تحقیق بخصوصی باشد که جانشینانش آن را دنبال کرده باشند، ولی این امر از ویژگیهای هر کار علمی اصیل محسوب می‌شود و محدود به زمان و مکان معینی نیست. بدین ترتیب بود که، برای مثال، خط مشی خواجه نصیرالدین طوسی در رصدخانهٔ مراغه (قرن هفتم هجری/ قرن سیزدهم میلادی) در حدود صد سال بعد به وسیلهٔ ابن‌الشاطر در دمشق تکمیل شد و دستاوردهای ابوریحان بیرونی در زمینهٔ وزن مخصوص اجسام در قرن پنجم هجری (قرن یازدهم میلادی) در غزنه تقریباً صد سال بعد به وسیلهٔ خازنی در مَرْو به کمال گرایید، و از این نوع تداومها بسیار می‌توان برشمرد.

در زیر به اجمال از تنی چند از دانشمندان دنیای اسلام و همچنین مختصری از چهار شاخهٔ علمی عمده سخن خواهیم گفت. هدف از این یادآوری تأکیدی است بر پاره‌ای از زمینه‌های گوناگون علم در تمدن اسلامی. با این‌حال، برای آگاهی دقیقتر از مشارکت دانشمندان اسلامی در علم فیزیک، برای مثال، باید به

مطالعات وسیعتری روی آورد ـ چه به طور جداگانه و چه در قیاس با پیشینیان و محققان بعدی این علم. روشن است که چنین پژوهشی خارج از محدودهٔ این بررسی کلی قرار می‌گیرد. تنها چیزی که به قاطعیت می‌توان گفت این است که یکی از ویژگیهای مشخص علم اسلامی تأکید بر تابعیت نظریه‌ها از آزمایش است ـ چه به صورت مشاهده، چه به صورت تجربی یا ریاضی.

۲-۳-۱ علم اسلامی به طور کلی

پژوهشهای کنونی

جرج سارتن، در مقدمهٔ بی‌نظیر خود بر تاریخ علم[۲۶]، این رویه را در پیش گرفته است که هریک از فصلهای کتاب خود را با نام بلندمرتبه‌ترین دانشمند زمان مورد بحث مشخص می‌کند. برای مثال، دوره‌ای که از میانهٔ قرن دوم هجری (هشتم میلادی) تا میانهٔ قرن پنجم هجری (یازدهم میلادی) امتداد می‌یابد، هر پنجاه سال آن نام یکی از دانشمندان جهان اسلام را بر خود دارد ـ یعنی در مجموع هفت اسم. بدین ترتیب، با «عصر خوارزمی»، «عصر بیرونی»، و غیره سروکار پیدا می‌کنیم. در این هفت فصل ما با نام تقریباً صد دانشمند مهم اسلامی و کارهای آنان آشنا می‌شویم. ولی با آنکه جرج سارتن یکی از نخستین مورخانی بود که بر اهمیت علم اسلامی صحه گذاشت، از آثار او چنین استنباط می‌شود که پس از قرن پنجم هجری (قرن یازدهم میلادی) نوعی افول آرام در رفتار علمی مسلمانان پدید آمده است.

در عمل، به هیچ وجه چنین نبوده است. هرکس که مجلدات جدید تاریخ ادبیات عرب ف. سزگین[۲۷] را ورق زده باشد خواهد دید که نه فقط در چهار قرن اول هجری بلکه در قرنهای بعدی هم انبوهی از آثار علمی مسلمانان، در دسترس است. علاوه بر این، حجم فیزیکی مجلدات مربوط به کیمیاگری، پزشکی، نجوم و ریاضیات در کتاب سزگین تقریباً معادل حجم کلی مجلداتی است که به علوم سنتی اسلامی اختصاص داده است. این گفته بدان معنا نیست که حجم کلی

---

۲۶) مقدمه بر تاریخ علم جرج سارتن، با ترجمهٔ غلامحسین صدری‌افشار، در «انتشارات‌علمی‌و فرهنگی» در دست چاپ است و در مجموعهٔ «تاریخ علم‌وتکنولوژی» منتشر خواهد شد. -م.

27) F. Sezgin

نوشته‌های علمی مسلمانان نزدیک به حجم نوشته‌های مذهبی و تاریخی و ادبی است، بلکه فقط اشاره‌ای است به اهمیت نسبی علوم در اسلام قرون میانه. گذشته از این، در بسیاری از کتابهایی که با داعیهٔ شمول بر کل فرهنگ اسلامی به نگارش درمی‌آید یا اشاره‌ای به فعالیتهای علمی نمی‌شود یا به تذکر ناچیزی اکتفا می‌کنند. افزون بر این، نه کتاب رضایتبخشی دربارهٔ کل علم اسلامی وجود دارد و نه تک‌نگاریهای قابل قبولی در زمینهٔ شاخه‌های مختلف علمی.

در کتابخانه‌های معتبر سرتاسر دنیا صدها هزار کتاب و نوشتهٔ اسلامی یافت می‌شود که بیشتر آنها به زبان عربی است و بخش مهمی از آنها نیز مربوط به موضوعهای علمی است. بسیاری از این آثار حتی به فهرستها هم راه نیافته‌اند و فقط معدودی از آنها چاپ و منتشر شده است. در نخستین سالهای قرن حاضر کار پژوهشی ارزشمندی به وسیلهٔ آیلهارد ویدمن[۲۸] به عمل آمد و در سالهای اخیر نیز تنی چند از محققان به فهرست‌بندی و چاپ و انتشار بعضی از این انبوه نوشته‌های علمی دل بسته‌اند. با این حال، تنها به یاری نوعی برنامهٔ بین‌المللی هماهنگ که به اندازهٔ کافی دوام داشته باشد می‌توان ابعاد حیرت‌انگیز دستاوردهای تمدن اسلامی را به جهانیان شناساند. از این دیدگاه، مشخص کردن تنها چند چهرهٔ ممتاز از میان دانشمندان اسلامی، که الزاماً مترادف با به دست فراموشی سپردن بسیاری دیگر از آنهاست، تصویر مخدوشی از علم اسلامی به دست خواهد آمد. با وجود این، گفت‌وگوی مختصری دربارهٔ بعضی از نام‌آوران علم در تمدن اسلامی ــ مشروط بر آن‌که علم اسلامی را منحصر به آنان ندانیم ــ ممکن است پاره‌ای از دستاوردهای علمی مسلمانان را در کانون توجه قرار دهد.

دانشمندان اسلامی

تعلیم و تربیت دانشوران اسلامی از چنان وسعتی برخوردار بود که به آنان اجازه می‌داد بر بیشتر علوم رایج روز تسلط یابند. ولی بعدها در جریان مطالعات و پژوهشهای خویش، دانشمندان اسلامی ترجیح دادند که به پیروی از علائق و

---

28) Eilhard Wiedemann

استعدادهای خاص خود در یک یا چند شاخه از علوم روز مانند پزشکی، مهندسی، ریاضیات، نجوم و کیمیا تخصص یابند و به خبرگی برسند. در پاره‌ای از موارد، این دانشمندان بعضی از پروژه‌های مورد نظر دولتها را موضوع مطالعات و تحقیقات خود قرار می‌دادند، ولی در بیشتر اوقات با امکاناتی که در اختیار داشتند فعالیتهای علمی خود را بدون مداخله‌های نابجای دولتها انجام می‌دادند. و به هر حال نباید چنین تصور شود که چون بیشتر آنان در چند زمینهٔ علمی گوناگون فعالیت می‌کردند، کارهایشان کیفیتی سطحی داشته است. واقعیت این است که آنان در هر عرصه‌ای که به تحقیق و مطالعه می‌پرداختند کار خود را با حداکثر جدیت و صلاحیت علمی ممکن به انجام می‌رساندند. با آنکه دامنه و عمق موضوعهایی که دانشمندان بزرگ اسلامی را به خود مشغول می‌داشت در حال حاضر حیرت‌آور و ستایش‌انگیز به نظر می‌رسد، نباید از یاد برد که آنچه اکنون از کارهای آنان می‌دانیم در حقیقت بخش محدودی از فعالیتهای علمیشان را تشکیل می‌داده و مهمترین بخش آثار آنان به علل مختلف از دست رفته است.

ابویوسف یعقوب الکِندی (وفات، تقریباً در میانهٔ قرن سوم هجری / قرن نهم میلادی) یکی از اصیل‌ترین متفکران اسلامی بود. وی را «فیلسوف اعراب» لقب داده‌اند، ولی واقعیت این است که او، علاوه بر فلسفه، در مباحث گوناگونی به تحقیق و تدقیق پرداخته است. وی به نوعی طبقه‌بندی علوم مبادرت ورزید و دو رساله در باب معدن‌شناسی و رساله‌ای نیز در باب ذوب و به عمل آوردن فلزات (متالورژی) و هنر شمشیرسازی به نگارش درآورد که در دنیای عرب کاملاً بی‌سابقه بود. گذشته از اینها، وی در زمینه‌هایی چون فیزیک، داروشناسی، پزشکی و زمین‌شناسی نیز آثاری برجای گذاشت و خود نیز پزشکی مجرب بود. الکِندی صِرف خواندن متون مختلف را مردود می‌شمارد و راهی نامناسب به سوی یادگیری می‌داند. وی معتقد بود که «ما باید در راه طبیعت به پیشروی ادامه دهیم تا به درک آن نائل آییم».

حنین ابن اسحق (و. ۲۶۰ هجری/ ۸۷۳ میلادی) را می‌توان یکی از سرآمدان مکتب دانشمندان مترجم به شمار آورد که در بغدادِ زمان عباسیان به اوج فعالیت خود رسید. از زمان کودکی، وی دوزبانه بود و سریانی و عربی را نیک

می‌دانست، و بعدها چنان در زبان یونانی تسلط یافت که می‌توانست قطعاتی طولانی از هومر را از بَر بخواند. وی سرپزشک دربار خلیفه المتوکل هم بود، و بیشتر ترجمه‌هایش از اهمیتی علمی برخوردار است، چون عادت داشت در مورد هر موضوع نسخه‌های متعددی به زبان یونانی گردآوری کند و از میان آنها مطمئن‌ترین متن را برای ترجمه برگزیند. علاوه بر ترجمه‌های بی‌شمار، وی آثار بدیعی، بخصوص در زمینهٔ پزشکی به وجود آورد، هرچند آثاری در زمینهٔ فلسفه، جغرافیا، هواشناسی، جانورشناسی، زبان‌شناسی و موضوعهای مذهبی نیز از او باقی مانده است.

ابن‌هیثم (ابوعلی بن الحسن) که در ۴۳۰ هجری/ ۱-۱۰۳۹ میلادی دار فانی را وداع گفت، یکی از ریاضیدانان بنام تمدن اسلامی و بدون هرگونه شک و تردیدی بزرگترین پزشک زمان خود بود. ما با عنوان بیش از صد کتاب و رساله از آثار او آشناییم که در حدود نود تای آنها در باب ریاضیات، نجوم و فیزیک مورد بررسی محققان عصر ما قرار گرفته است. آثار او تأثیر عمیقی بر دانشپژوهان بعدی، اعم از اسلامی و غربی، برجای گذاشته است. در سال ۱۵۷۲، یکی از آثار او در باب نور به زبان لاتین ترجمه شد. این کتاب مشتمل بر راه‌حل مسئله‌ای است که هنوزهم به سبب نبوغی که در حل آن به‌کار برد، نام او را بر خود دارد. استدلال او که بسیار پیچیده است منتهی به یک معادلهٔ چهارمجهولی (معادله‌ای که متضمن x^4 است) می‌شود که وی آن را به روش هندسی از طریق تقاطع هذلولی متساوی‌الاضلاع با دایره حل می‌کند.

ابوریحان بیرونی (و. ۴۴۲ هجری/ ۱۰۵۰ میلادی) به گفتهٔ مورخی چون د.ج. بوالو[29] «یکی از بزرگترین دانشپژوهان تمدن اسلامی در قرون وسطی بود که به‌حق عمیق‌ترین و بدیع‌ترین شخصیت علمی آن روزگار شمرده می‌شود. وی نه فقط در ریاضیات بلکه در نجوم، فیزیک، علوم طبیعی و همچنین در زبان‌شناسی سرآمد همگنان بود و علاوه بر اینها به عنوان جغرافیادان، وقایع‌نگار، مورخ، و ناظر بی‌طرف سنن و آداب و معتقدات ملل نیز شهرتی بسزا یافت». این گفته بی‌گمان مناسب‌ترین توصیفی است که می‌توان از این

29) D. J. Boilot

دانشپژوه بزرگ که حتی در عصر ما نیز او را یکی از بزرگترین دانشمندان تمام اعصار می‌نامند به عمل آورد. ابوریحان بیرونی بالغ بر ۱۸۰ اثر ماندگار در زمینه‌های مختلف دانش بشری پدید آورد. از این آثار فقط ۴۰ تای آنها از گزند حوادث مصون مانده و به دست ما رسیده و فقط چند تای آنها به زیور چاپ آراسته شده است.[۳۰] بیرونی که به چند زبان آشنایی داشت، دانشپژوه دقیق و محتاطی بود که همواره نتیجه‌گیریهای خویش را از طریق مشاهده و آزمایش مورد وارسی قرار می‌داد. وی در طراحی و ساختن آلات و ابزارهای علمی و فنی نیز از تبحری خاص برخوردار بود و علاوه بر پژوهشهای علمی دیگر به ساختن چند نوع اسطرلاب و تقویم مکانیکی مجهز به چرخدنده مبادرت ورزید. از این بابت، ابوریحان بیرونی تفاوتی با دیگر دانشمندان جهان اسلام نداشت، چه پیشرفته‌ترین اسطرلابهای ساخته‌شده در آن زمان کار منجمان بود.

ابن‌شاطر (وفات، ۷۷۷ هجری/ ۱۳۷۵ میلادی) دانشمندی سوریایی بود که مهمترین منجم و ستاره‌شناس اسلامی از گروه متأخران بود که به سبب نظریه‌اش در باب سیارات شهرت داشت و تعدادی آلات و ابزارهای نجومی، چه برای رصد ستارگان و چه برای محاسبات طراحی و تولید کرد. در مورد سیارات، وی به همان راه خواجه نصیرالدین طوسی می‌رفت که مخترع «زوج طوسی» بود، ابزاری که به وسیلهٔ آن نظریهٔ بطلمیوسی حرکت سیارات را بهبود می‌بخشید. بطلمیوس این نظریه را برای توضیح حرکت سیارات خارجی ـ مریخ، مشتری، و زحل ـ ابداع کرده بود، زیرا مرکز زمین را نمی‌شد مرکز مدارهایی مدور برای حرکت آنها در نظر گرفت و به همین دلیل مدار دیگری به نام «فلک معدل‌المسیر»[۳۱] برای آنها در نظر گرفته بود که مرکز آن تا حد معینی از مرکز زمین فاصله داشت. خواجه نصیرالدین طوسی نظریهٔ معروف به «زوج» را ابداع کرده بود تا حرکت یکنواخت و دایره‌وار سه سیارهٔ یادشده را بر گِرد مرکز

---

۳۰) در حال حاضر (۱۳۷۴ هجری شمسی) تا آنجا که مترجم فارسی کتاب حاضر اطلاع دارد، طرح وسیعی برای ترجمه و انتشار مهمترین آثار موجود ابوریحان بیرونی به فارسی (علاوه بر «التفهیم» که ابوریحان خود نسخهٔ فارسی آن را هم به نگارش درآورده است) در دست بررسی است که امید می‌رود به ثمر برسد. - م.

31) equant

زمین توجیه نماید. ولی بعدها، ابن‌شاطر بود که توانست راه‌حل رضایتبخشی برای توضیح دشوار حرکتهای دو سیارهٔ عطارد و ماه عرضه دارد. نظریات ابن‌شاطر از بسیاری لحاظ شبیه مدلهایی بود که کپرنیک دو قرن بعد از او ارائه داد و تردیدی نیسَت که کپرنیک نیز به نظریات ابن‌شاطر واقف بوده است.

۴-۱ وجوه عمدهٔ علم در جهان اسلام

در فضای محدود کتاب حاضر فقط به پاره‌ای از ویژگیهای عمدهٔ چهار علم اساسی اشارتهایی خواهیم داشت ـ ریاضیات، نجوم، فیزیک، و شیمی

۱-۴-۱ ریاضیات

مهمترین مشارکت دانشمندان اسلامی در علم حساب، روی آوردن به دستگاه شمارش هندی باکاربرد نه عدد عربی و نقطه‌ای به جای صفر بود. نخستین کتاب حساب هندی، یعنی کتاب محمد بن موسی خوارزمی (متولد ۲۱۵ هجری/ ۸۷۵ میلادی) فقط در چند روایت لاتینی آن به دست ما رسیده است. بعدها نوآوریهای دیگری، بخصوص به دست ابوالحسن اقلیدسی صورت گرفت که کتاب الفصول فی حساب الهندی (کتاب بخشهایی از حساب هندی) او در ۳۴۱ هجری/ ۹۵۲ میلادی در دمشق به رشته نگارش درآمد چشمگیرترین ویژگی این کتاب عبارت است از توضیح و کاربرد کسرهای دهدهی، که اخیراً این نوآوری را به الکاشی نسبت داده‌اند که پنج قرن بعد از او می‌زیسته است. خوارزمی که نامش (الخوارزمی) به صورتی کم و بیش مقلوب اصطلاح آلگوریتم را به وجود آورده پایه‌گذار علم جبر اسلامی (و بنابراین جبر غربی) بوده است. عمر خیام (وفات ۵۲۶ هجری/ ۱۱۳۱ میلادی) که اینک در دنیای غرب بیشتر به عنوان شاعر شهرت دارد، بانی پیشرفتهای قابل ملاحظه‌ای در ریاضیات است. وی معادلات درجه سوم (حاوی x^3) را به ۲۵ رده تقسیم‌بندی کرد و سپس کوشید تا راه‌حل آنها را به دست آورد و در ضمن راه‌حلهایی عددی برای معادلات درجهٔ اول و دوم (یعنی معادلات حاوی x و x^2) و راه‌حلهایی هندسی برای معادلات درجه سوم به دست داد.

هندسهٔ اسلامی بر اساس مطالعهٔ دقیق و عمیق آثار یونانیان استوار بود و از سیدهانتا (نتیجه‌گیری نهایی) هندی نیز الهام می‌گرفت. یکی از وجوه حائز اهمیت تلاشهای هندسه‌دانهای اسلامی کاربرد مقاطع مخروطی برای حل مسائل و انجام محاسبات بود. از علم هندسه برای مقاصد کاربردی در مساحی و ساختن ماشینهای گوناگون، از جمله دستگاههای قلعه‌گیری، استفاده می‌کردند و تردیدی نیست که دانشمندان اسلامی پایه‌گذار علم مثلثات مسطح و کروی بوده‌اند. یونانیان جدولهایی برای محاسبهٔ وترها ترتیب داده بودند، ولی از طریق کارهای دانشمندان اسلامی بود که مفاهیم سینوس و کسینوس و تانژانت که امروزه همه بدانها آشنایی دارند، نقش اساسی خود را به وضوح باز یافتند. در مثلثات کروی، البتانی (وفات ۳۱۷ هجری/ ۹۱۹ میلادی) فرمول مهمی ارائه داد که شامل سه ضلع و یک زاویهٔ مثلث کروی می‌شد و چنین چیزی در کارهای بطلمیوس مطلقاً دیده نمی‌شد. یکی دیگر از بزرگترین ریاضیدانان بزرگ اسلامی، ابوالوفا (وفات ۳۸۸ هجری/ ۹۹۸ میلادی) به احتمال زیاد نخستین کسی بود که قضیهٔ سینوسها را در مورد مثلثات کروی عمومی مطرح ساخت و تکنیک جدیدی برای ترتیب دادن جدول سینوسها پیشنهاد کرد. وی همچنین مبدع مقادیر مثلثاتی سِکانْت[۳۲] و کوسِکانْت[۳۳] بود.

۲-۴-۱ نجوم

نخستین تکانه برای مطالعهٔ نجوم ریاضی در دنیای اسلام از ترجمهٔ رسالهٔ هندی سیدهانتا حاصل شد. این امر به سال ۱۵۵ هجری/ ۷۷۱ میلادی در بغداد به وقوع پیوست. در همین دوره آثار هندی دیگری نیز در اختیار دانشمندان قرار گرفت و اندکی بعد، یعنی در اوایل قرن سوم هجری (قرن نهم میلادی) ترجمه‌ای عربی از یک کتاب پهلوی به نام زیج شاهی[۳۴] که در سالهای آخر دودمان ساسانیان نوشته شده بود فراهم آمد. ولی مهمترین منبع در زمینهٔ علم نجوم، که در اوایل قرن سوم هجری به عربی ترجمه شد، آثار یونانی مکتب اسکندریه بود، و از آن

---

32) secant 33) cosecant

34) Astronomical Table of the King

میان، مهمترینشان کارهای بطلمیوس بود که پرآوازه‌ترین اثرش المجسطی، چه در قرون وسطای غرب و چه در دنیای اسلام پرنفوذترین منبع و مأخذ علم نجوم شمرده می‌شد. البته، دستگاه نجومی بطلمیوس زمین‌مرکزی بود، ولی این امر از نظر محاسباتِ عملی، چه در مورد ستارگان ثابت و چه در مورد خورشید (البته برای فواصل زمانی محدود) تغییری در نتیجهٔ کار نمی‌داد. با این وصف، توضیح حرکتهای سیارات با نظام بطلمیوسی بی‌نهایت دشوار می‌شد و بطلمیوس ناگزیر بود ساختارهای هندسی گوناگونی زیر عنوان فلک خارج از مرکز، فلک تدویر و غیره برای توضیح آن حرکات اختراع کند. با تمام این احوال، توضیحات بطلمیوس رضایتبخش نبود و چنانکه گفتیم فقط در قرن هشتم هجری (چهاردهم میلادی) بود که ابن‌شاطر توضیحات معقول‌تری ارائه داد.

دستاورد اصلی دانشمندان دنیای اسلامی را باید در زمینه‌هایی چون رصدهای گوناگون، ابداع و ساخت آلات و ابزارهای نجومی، و توسعهٔ مثلثات کروی برای حل مسائل نجوم ریاضی جست‌وجو کرد. منجمان بزرگ اسلامی بسیاری از مقادیر نجومی محاسبه‌شده به وسیلهٔ یونانیان را اصلاح کردند، که از آن جمله می‌توان اشاره‌ای داشت به زاویهٔ میل دایرةالبروج (یعنی زاویهٔ بین مسیر ظاهری خورشید و صفحهٔ استوای سماوی که یکی دیگر از دایره‌های مرجع در آسمان است). این کمیت‌های نجومی جدید حتی هنگامی هم که نظام زمین‌مرکزی جای خود را رسماً به نظام خورشیدمرکزی داد همچنان معتبر باقی ماند. منجمان اسلامی به رشته‌ای از مسائل عملی دیگر نیز می‌پرداختند ـ از جمله به استخراج تقویم، تعیین وقت و تعیین دقیق جهت قبله (یعنی تعیین جهت مکّه از یک محل معین). این موضوع آخری در حقیقت همان مسئله عمومی تعیین سمت یک محل نسبت به محل دیگر است هنگامی که طول و عرض جغرافیایی هر دو محل معلوم باشد. از قرن سوم تا قرن هشتم هجری (قرن نهم تا چهاردهم میلادی) مسئلهٔ تعیین سمت قبله راه‌حلهایی بیش از پیش دقیق‌تر و مثلثاتی‌تر یافت و تکنیکهای محاسباتی نیز ظریف‌تر و مطمئن‌تر شد. اوج این تلاشها را می‌توان در جداول قبله‌نمای بسیار دقیقی مشاهده کرد که به وسیلهٔ خلیلی، منجم سوریایی، تنظیم شد (قرن هشتم هجری/ قرن چهاردهم میلادی).

۳-۴-۱ فیزیک

پیش از این یادآور شدیم که پژوهشهای ابن‌هیثم در مبحث نور فوق‌العاده بود. کتاب المناظر او ـ کتابی دربارهٔ نور ـ به زبان لاتین ترجمه شد و تأثیر عمیقی در قرون وسطای غرب، بخصوص بر کارهای راجر بیکن[۳۵] و ویتلو[۳۶] برجای گذاشت. ابن‌هیثم در کتاب یادشده و در دیگر آثار خود آینه‌ها، عدسیها و ماهیت نور را مورد بررسی قرار می‌دهد. همانند ابن‌سینا و ابوریحان بیرونی، وی مشخص کرد که پرتوهای نورانی از شئ صادر می‌شوند و به سوی چشم حرکت می‌نمایند و نه آن‌طور که یونانیان تصور می‌کردند از چشم به سوی شئ. وی همچنین ثابت کرد که شفق و فلق یا تاریک- روشن نجومی هنگامی شروع می‌شوند یا خاتمه می‌یابند که خورشید به اندازهٔ ۱۹ درجه زیر افق قرار گرفته باشد و در ضمن این را هم کشف کرد که شکست نور در جوّ موجب بروز چنین پدیده‌هایی است و به همین مناسبت ارتفاع جوّ را در حدود ۵۲۰۰۰ قدم برآورد کرد. وی همچنین به درستی توضیح داد که شکست نور در جوّ زمین علت واقعی ارتفاع گرفتن مکانهای ظاهری اجرام آسمانی در بالای افق و همچنین بزرگ شدن ظاهری قطر خورشید و ماه در نزدیکی افق است. ابن‌هیثم انحراف کوری را هم کشف کرد (منظور ناتوانی عدسی در هدایت پرتوهای گذرنده از لبه‌های آن به سوی همان کانونی است که پرتوهای گذرنده از مناطق مرکزی عدسی در آنجا متمرکز می‌شوند.) و در ضمن نخستین کسی بود که به شرح و وصف «اطاقک تاریک» پرداخت.

خازنی در ۵۱۵ هجری (۲-۱۱۲۱ میلادی) کتاب میزان‌الحکمه خود را که دربارهٔ جرم مخصوص اجسام بود بر نتیجه‌گیریهای ابوریحان بیرونی بنیاد نهاد، ولی کتاب یادشده فقط منحصر به این مبحث نبود و در زمینه‌هایی چون مکانیک، هیدروستاتیک، و فیزیک یکی از مهمترین کتابهای سده‌های میانه به حساب می‌آمد. موضوعهای مطرح‌شده در کتاب، علاوه بر مبحثی دربارهٔ طرز محاسبهٔ جرم مخصوص اجسام، شامل مباحث دیگری هم بود، و از جمله:

---

35) Roger Bacon　　36) Witelo

جدولهای جرم مخصوص بسیاری از مایعات و جامدات، نظریه‌ای دربارهٔ گرانی یا ثقل که به عنوان نیروی مرکزی در جهت مرکز جهان (یعنی کرهٔ زمین) تعریف می‌شد، نظریه‌ای در باب جامدات، وزن هوا، مشاهدهٔ بالا رفتن مایعات در لوله‌های نازک (موئینگی)[37]، کاربرد نوعی هواسنج[38] برای اندازه‌گیری چگالی‌ها، روشی برای اندازه‌گیری دمای مایعات، نظریهٔ اهرم‌ها، کاربرد ترازو برای به دست آوردن مقادیر مساوی و نیز اندازه‌گیری زمان به وسیلهٔ نوعی ساعت آبی. بررسیهای خازنی از نظر دقت مشاهدات و کاربرد محتاطانه شواهد و مدارک، و نوعی وسواس «امروزین» برای آزمایشهای مکرر کم‌نظیر است. با این‌حال، برادران بنوموسی که کارهایشان در فصل بعدی مورد بررسی قرار خواهد گرفت، در زمینهٔ فیزیک کاربردی مقدم بر همهٔ دیگران بودند.

۴-۱-۴ شیمی

دانشپژوهان دنیای اسلام تفاوتی بین کیمیا و شیمی و تکنولوژی شیمیایی قائل نبودند. بنابراین، بسیاری از دستاوردهای دانشوران اسلامی که مرتبط با فرایندهای شیمیایی و دستگاههای آزمایشگاهی است در فصل ششم کتاب حاضر آمده است. دو تن از بانفوذترین شیمیدانهای دنیای اسلام عبارت بودند از جابر بن حیّان (قرن دوم هجری/ قرن هشتم میلادی) و ابوبکر رازی (و. ۳۱۳ هجری/ ۹۲۵ میلادی). کارهای این دو دانشمند برجسته در قرون وسطای اروپای لاتین شناخته شده بود و آنها را به نامهای «جِبِر» و «رازیس» می‌شناختند. هر دو آنها اهل عمل بودند و کارهای آزمایشگاهی را به نظریه‌پردازیهای مجرد ترجیح می‌دادند. جابر مواد معدنی را به سه گروه تقسیم کرده بود: جوهرها، که در اثر گرما به حالت فرّار درمی‌آیند؛ فلزات؛ و مواد غیرچکش‌خور که می‌توان آنها را به گرد مبدل کرد. وی از اسید نیتریک نام می‌برد و روشهای گوناگونی برای کاربرد شیمی در صنایع مطرح می‌سازد. رازی را می‌توان بزرگترین پزشک بالینی عصر خود دانست، ولی دستاوردهای او در شیمی نیز چشمگیر است. وی توصیف ارزشمندی از تجهیزات آزمایشگاهی و فرایندهای شیمیایی

---

37) capillarity 38) aerometer

شناخته‌شده در آن زمان به عمل آورده است. از آن‌جمله است فرایندهایی همچون تقطیر، انحلال، تکلیس، تبخیر، تبلور، تصعید، تصفیه، ملغمه و موم‌سازی. رازی همچنین طبقه‌بندی منظمی از مواد معدنی به دست می‌دهد که بعضی از مواد ساختگی را هم بدانها افزوده بود.

۱-۵ منابع غیراسلامی تکنولوژی

در این بخش به اختصار دربارهٔ انتقال تکنولوژی به دنیای اسلام در طول دو قرن اول هجری سخن خواهیم گفت. پیشتر دیدیم که خاستگاه آغازین پیشرفتهای تکنولوژی در اسلام تمدنهای پیشین خاورمیانه و مدیترانهٔ شرقی بود، و می‌دانیم که انتقال تکنولوژی قرنها پیش از ظهور اسلام بین این مناطق و دیگر سرزمینهای دنیای کهن صورت می‌گرفته است. در این بخش توجه خود را بیشتر بر دورهٔ اسلامی متمرکز خواهیم‌ساخت. در فصلهای‌بعدی، هرچند تکنولوژیهای ویژهٔ خود جهان اسلام را در کانون توجه قرار خواهیم داد، گهگاه به انتقال تکنولوژی از سرزمینهای اسلامی به خارج و برعکس نیز اشاره خواهیم کرد. با این‌حال، ناگفته نماند که در این زمینه بسیاری از شواهد و مدارک دال بر انتقال تکنولوژی از این‌سو به آن‌سو یا برعکس، چنانکه باید و شاید دقیق و قطعی نیست. به هر تقدیر، هدف اصلی ما نشان دادن ارتباطهای متقابلی است که بین دنیای‌اسلام و دیگرمناطق فرهنگی‌جهان وجود داشته و در این‌بحث‌هرگاه‌شواهد و مستندات معتبری وجود داشته باشد به نتیجه‌گیریهای لازم خواهیم پرداخت.

در بخش بعدی استدلال خواهیم کرد که در طی دورهٔ مورد نظر بیشترین موارد انتقال تکنولوژی از دنیای اسلام به سوی اروپا بوده است و نه برعکس. شواهد و مدارک موجود و همچنین آراء و عقاید محققان برجسته این داعیه را تأیید خواهند کرد و شاید تنها کسانی این نتیجه‌گیری را بحث‌انگیز تلقی کنند که به طرز تفکری مبتنی بر «اروپامرکزی» خو گرفته‌اند. البته، این سخن بدان معنا نیست که در طول این مدت اروپا فاقد پویایی بوده و یا از ایجاد و توسعهٔ تکنولوژی متناسب با نیازهای خود عاجز مانده است. با این‌حال، به نظر نمی‌رسد که لزومی داشته باشد جای زیادی را به موارد مشخص انتقال

تکنولوژی از اروپا به سرزمینهای اسلامی تخصیص دهیم. در هر حال، بسیاری از نوآوریهای غربیان فقط در اروپای شمالی کاربرد داشته است. برای مثال، خیشهای سنگین و چرخدار فقط به درد خاکهای رُسی آن منطقه می‌خورده است. ساعت، دستگاهی است که نمونهٔ خوبی از وابستگیهای متقابل و متوالی شرق و غرب است که در بخش دوم این فصل از آن یاد کردیم.

ساعتهای کوک‌شده به وسیلهٔ وزنه با چرخ دنگ جیوه‌ای در سرزمینهای اسلامی از قرن پنجم هجری (یازدهم میلادی) وجود داشته است. المرادی در قرن پنجم هجری چرخدنده‌های پیچیده‌ای با چرخهای کناری و ناقص در بعضی از دستگاههایش به کار می‌برد، در حالی که ساعتهای آبی به‌یادماندنی که رضوان و الجزری توصیف کرده‌اند، برای نشان دادن گذشت زمان از تمهیدات خودکار استفاده می‌کردند (ر.ک. فصل ۱۱). چرخ دنگ مکانیکی برای تنظیم سرعت ساعتهای وزنه‌ای احتمالاً در آغاز قرن هشتم هجری (قرن چهاردهم میلادی) در اروپای شمالی اختراع شد. انواع ساعتهای برج که از این مکانیسم استفاده می‌کردند و در قرن هشتم هجری به سرتاسر اروپا راه یافتند، همه از «عقربه»های خودکاری بسیار شبیه به سیستمهای مورد عمل در ساعتهای آبی دنیای اسلامی استفاده می‌کردند. این یکی از موارد قابل توجه وابستگی تکنولوژیکی متقابل است. با این‌حال، تا سال ۱۵۰۰ میلادی مورد دیگری دیده نمی‌شود که تکنولوژی اروپایی چیزی اضافه بر این به تکنولوژی دنیای اسلامی افزوده باشد.

همسایهٔ دنیای اسلامی، امپراتوری بیزانس [روم شرقی] چیز زیادی برای عرضه نداشت. بیزانس و اسلام در واقع هر دو از دریافت‌دارندگان تکنیکهای خاورمیانه بودند. ولی «دنیای اسلام از امپراتوری بیزانس به میزان زیادی پیش افتاد، و سرانجام آن را جذب کرد و، سپس، چه از نظر قدرت و چه از ثروت، بسی فراتر از آن رفت.» همین جریان در تکنولوژی هم صادق بود. ماجرای کالینیکوس[۳۹]، معمار سوریایی، که در زمان امویان از بعلبک به بیزانس گریخت و اسرار یک سلاح آتشزا را با خود به آنجا برد در فصول دیگر همین کتاب شرح

39) Calinicus

داده شده است (فصل چهارم، بند ۱-۸-۴). این امر به بیزانسی‌ها امکان داد تا مدتهای دراز از قسطنطنیه (استانبول) در برابر یورشهای مسلمانان دفاع کنند. ولی این نوع سلاحهای آتشزا در جهان اسلام مرتب رو به تکامل رفت، به طوری که در نتیجهٔ نهایی جنگهای صلیبی مؤثر واقع شد، به عقب راندن تاتارها کمک کرد، و سرانجام به پدید آمدن توپ انجامید که در محاصره و سقوط قسطنطنیه (۸۵۷ هجری/ ۱۴۵۳ میلادی) نقش قاطعی ایفا کرد.

در حالی که اسلام، بیزانس و اروپا، به رغم کشمکشهایشان از نظر علم و تکنولوژی حوزهٔ فرهنگی واحدی را تشکیل می‌دادند، چین و خاور دور بکلی از این جریانها جدا مانده بود. علم چینی به سبب الفبای تصویریش، نفوذ کمتری در خارج داشت، هرچند بعضی از دستاوردهای تکنولوژیکی چینی در جهت غرب به دنیای اسلام و از آنجا به اروپا راه یافت.

با فتح ماوراءالنهر (منطقه‌ای که ترکمنستان و ازبکستان و بخشی از قزاقستان کنونی را دربر می‌گرفت) در اواسط قرن دوم هجری (هشتم میلادی) اسلام سینه به سینهٔ منطقهٔ فرهنگی چینی قرار گرفت. در ۱۳۴ هجری (۷۵۱ میلادی)، تاشکند فتح شد و سپاهیان اسلام در نبرد رودخانهٔ تالاس پیروزی قاطعی برضد چینیان کسب کردند. پس از این واقعه چینی‌ها بی‌درنگ از سرتاسر ترکستان عقب کشیدند و از آن زمان به بعد دیگر هیچگاه سپاه مسلمانان از مرزهای چین فراتر نرفتند.

ولی تماسهای فرهنگی با چین آغاز شده بود. چون تعدادی از صنعتکاران چینی که در نبرد رود تالاس اسیر شده بودند، در سمرقند و دیگر سرزمینهای اسلامی مستقر شدند (ر.ک. فصل ۸). روابط دیپلماتیک با چین از زمان امویان با فرستادن سفیری به آن دیار شروع شد (۱۰۸ هجری/ ۷۲۶ میلادی). کارگاههای کاغذسازی از همین زمان در سرزمینهای اسلامی به وجود می‌آید. مراودات بازرگانی در زمان خلافت عباسیان (از ۱۳۳ هجری/ ۷۵۰ میلادی به بعد) شروع شد و در بیشتر موارد بازرگانان نقشی مهمتر از دیپلماتها ایفا می‌کردند. از آنجا که راههای زمینی به دلایل گوناگونی بسته می‌شد، مسلمانان برای رفتن به کانتون (خانفو) به‌ناچار از راههای دریایی استفاده می‌کردند. «کارخانه‌ها و محله‌های اسلامی در بندرهای چینی پا می‌گرفت و بازرگانان عرب و ایرانی در آن نواحی

بزودی چنان نیرومند شدند که در ۱۴۱ هجری/ ۷۵۸ میلادی حتی برضد مقامات چینی می‌شوریدند. با این‌حال، تجارت بین دنیای اسلام و چین بدون وقفه تا زمان فرا رسیدن پرتغالی‌ها به اقیانوس هند در اواخر قرن پانزدهم میلادی ادامه داشت.

این رفت و آمدهای بازرگانی از طریق دریا و خشکی با چین و همجواری تقریبی ماوراءالنهر با آن سرزمین به تبادل تکنولوژی بین چین و دنیای اسلام انجامید. تاریخ پاره‌ای از موارد این انتقال تکنولوژی، مانند ایجاد کارگاه کاغذسازی، مشخص است ولی درمواردی‌دیگر مانند اختراع باروت و قطب‌نما، با آنکه در کیفیت انتقالی آنها تردیدی نیست، تاریخهای دقیق انتقال هنوز روشن نشده است. دستاوردهای تکنولوژیکی چین در کتاب چندجلدی علم و تکنولوژی در چین، اثر جوزف نیدهام[40] و همکارانش به تفصیل توضیح داده شده است.

تمدن مهم دیگری که در مبادلهٔ تکنولوژی با دنیای اسلام سهم بسزایی داشت، هند بود. در اینجا اسلام امپراتوری منطقه‌ایِ وسیعی برقرار ساخت. مسلمانان به صورت مبلغان مذهبی و بازرگان به سواحل جنوبی هند راه یافتند. در ۹۳ هجری/ ۷۱۱ میلادی، امویان بخشی از هند شمالی را که اینک سند نامیده می‌شود (بخش سفلای رود سند) تصرف کردند. این بخش طبعاً با مرکز خلافت بغداد ارتباط داشت. از همین راه بود که علوم باستانی هند به بغداد راه یافت. مورخان مشهوری چون مسعودی، ابن‌حوقل و استخری سند اسلامی را دیدن کرده‌اند و اخبار جالبی دربارهٔ آنجا نوشته‌اند. سومین موج یورش مسلمانان به هند از طریق افغانستان صورت گرفت. این موج اخیر با یورشهای سلطان محمود غزنوی (۳۸۸ - ۴۲۱ هجری/ ۹۸۸ - ۱۰۳۰ میلادی) و استقرار قدرت غزنویان در پنجاب آغاز شد. در اینجا دولتهای اسلامی گوناگونی پی‌درپی ایجاد شد ولی امپراتوری مغول که به دست بابِر در ۹۳۳ هجری/ ۱۵۲۶ میلادی پایه‌گذاری شد نقطهٔ اوج شکوه و عظمت هند اسلامی محسوب می‌شود.

چنین بود شرح مختصری از تماسهای گوناگون سرزمینهای اسلامی و تمدنهای چینی، هندی، بیزانسی و اروپایی. اختصار و ماهیت کلّی این بررسی

---

40) Joseph Needham

بدان علت است که، هرچند در سی‌سالهٔ اخیر تاریخهای جامع و چندجلدی متعددی در باب تحول تکنولوژی‌غرب ـ مانند تاریخ تکنولوژی چارلز سینگر[41] و همکاران ـ یا در باب تکنولوژی چین ـ مانند اثر یادشدهٔ جوزف نیدهام ـ به چاپ رسیده، تکنولوژی تمدن اسلامی چنانکه باید مورد توجه قرار نگرفته است. کتاب حاضر، به رغم کوتاهی و اختصارش، در حقیقت نخستین اثری است که تکنولوژی اسلامی را در کلیت آن موضوع بررسیهای خود قرار داده است. گذشته از این، بعضی از آنان که مأموریت داشتند در کتابهای تاریخ عمومی راجع به تکنولوژی اسلامی نیز مطالبی بنویسند این‌کار را با روحیهٔ استخفاف و انکار و تنقید انجام داده‌اند، بنابراین، در حال حاضر بحث دربارهٔ انتقال تکنولوژی از دیگر تمدنهای آن زمان به تمدن اسلامی ناپخته و زودرس خواهد بود. بدین ترتیب، منطقی‌تر خواهد بود که فعلاً بحث را با پژوهشهایی جامع دربارهٔ دستاوردهای تکنولوژیکی خودِ تمدن اسلامی و همچنین میراث تکنولوژیکی مردم همین سرزمینها در زمانهای پیش از اسلام آغاز کنیم. برای مثال، نوعی چرخ آب که حتی قبل از اسلام برای نخستین بار روی رود اورونتس در سوریه مورد استفاده قرار می‌گرفته است، باید بخشی از تاریخچهٔ چرخابهای دورهٔ اسلامی شمرده شود. چنانچه تکنولوژی پیش از اسلام سوریه و مصر را میراث غرب به شمار آوریم، هرنوع تاریخ تطبیقی تکنولوژی اعتبار خود را از دست خواهد داد. علاوه بر این، هرگونه بررسی تطبیقی تاریخ تکنولوژی در فرهنگهای مختلف باید بر مقیاسهای زمانی همسان استوار باشد.

۶-۱ انتقال تکنولوژی از دنیای اسلام به غرب

دیدگاه سنتی تاریخنگاران غربی این است که فرهنگ اروپایی یکراست از تمدنهای کلاسیک یونان و روم سرچشمه می‌گیرد. بر اساس این نظریه،آثار مؤلفان کلاسیک ـ که غالب آنها به زبان لاتین و بعضی هم به زبان یونانی نوشته

---

41) Charles Singer

شده - در طول قرنهای پس از سقوط امپراتوری روم به وسیلهٔ کلیسای کاتولیک حفظ شده و در اواخر قرون وسطی و دورهٔ رنسانس به صورت منبع الهام پرقدرتی برای نوآوران اروپایی درآمده است. تأثیر نیرومند ادبیات کلاسیک بر اندیشهٔ اروپایی را کمتر کسی منکر می‌شود. تا چندی پیش، آثار هومر، توسودیدس، و نمایشنامه‌نویسان یونانی مانند تاسیتوس، ویرژیل، هوراس و دیگران بخشی از زمینهٔ فرهنگی هر اروپایی تحصیل‌کرده را تشکیل می‌داد. ولی در مورد علوم وضع متفاوت است. در طول قرن ششم هجری (قرن ده ازدهم میلادی) آثار دانشپژوهانی چون فارابی، غزالی، فرغانی، ابن‌سینا و ابن‌رشد به زبان لاتین ترجمه می‌شد و مورد استفاده و احترام دانشوران غرب قرار می‌گرفت. آثار ارسطو که از همان‌موقع به صورت منبع الهام کلی اندیشهٔ اروپایی درآمد در حقیقت همراه با شرح و تفسیرهای ابن‌سینا و ابن‌رشد (که در قرون وسطای اروپا با نامهای آویسنا[42] و آوِروئس[43] شناخته می‌شدند) از زبان عربی به زبان لاتین ترجمه شده بود. تأثیر و نفوذ این تفسیرها در شکل گرفتن اندیشهٔ علمی و فلسفی اروپایی مسلماً کمتر از تأثیر خود آثار ارسطو نبود. بسیاری دیگر از کارهای علمی که در اصل از یونانی به عربی ترجمه شده بود اینک از عربی به زبان لاتین ترجمه می‌شد، و چنان‌که پیشتر دیدیم غالب این آثار علمی متعلق به دوران هلنیستی بود که گرچه به زبان یونانی نوشته می‌شد ولی در اصل حاصل اندیشه و عمل مؤلفانی بود که از سرزمینهای خاور نزدیک و مدیترانهٔ شرقی برخاسته بودند. بنابراین، به نظر می‌رسد که بعضی از نویسندگان اروپایی که سخت شیفتهٔ شاهکارهای ادبی یونان و روم باستان شده بودند، به این باور رسیدند که تمدن غربی در تمام جلوه‌هایش بر شالوده‌های یونانی و رومی استوار شده است. ولی در مورد علوم و تکنولوژی مطلقاً چنین نیست.

چارلز سینگر، در پی گفتاری بر جلد دوم تاریخ تکنولوژی به بحث دربارهٔ پاره‌ای از مطالب می‌پردازد که پیشتر بدانها اشاره کرده است. خلاصهٔ این بحث آن است که میراث یونانی - رومی برپایهٔ تمدنهای بزرگ خاورمیانه استوار بوده است و، مزید بر این، دستاوردهای عمدهٔ علوم و فنونی که هلنیستی یا رومی

---

42) Avicenna 43) Averröes

خوانده می‌شوند در بیشترین بخش خود حاصل کارها و پژوهشهای دانشپژوهان خاورمیانه‌ای، بخصوص سوریایی و مصری است. تمدنهای پیش از اسلام سرزمینهای وسیع اسپانیا تا آسیای مرکزی و شمال هند میراثی بود که نصیب اسلام شد. علم و تکنولوژی این مناطق تحت تأثیر اسلام و زبان عربی، پیشرفت و گسترشی بی‌سابقه یافت. سینگر، با اشاره به دیدگاه «اروپامرکزی» تاریخنگاران غربی می‌نویسد: «اروپا در حقیقت شبه‌جزیرهٔ کوچکی است که زائده‌ای از قارهٔ بزرگ آفراسیا[۴۴] محسوب می‌شود. این در واقع موقعیت جغرافیایی اروپاست، و دست‌کم تا قرن سیزدهم میلادی موقعیت علمی و فنی آن نیز به طور کلی همین بوده است.» سینگر در ادامهٔ بحث خود می‌نویسد: «از نظر کاردانی، مهارت و خلاقیت و اختراع در بیشترین بخش دورهٔ طولانی ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ میلادی، خاورمیانه از موقعیتی برتر از غرب قرار داشت... در تقریباً همهٔ شاخه‌های تکنولوژی، بهترین فراورده‌هایی که به اروپا می‌رسید محصول خاورمیانه بود... در زمینهٔ تکنولوژی، غرب چیز زیادی برای ارائه به شرق نداشت، و انتقال تکنولوژی در جهت عکس یعنی از غرب به شرق حرکتی است که در طی دوران معاصر شکل گرفته است.» در این بخش سعی ما بر آن خواهد بود که نشان دهیم انتقال تکنولوژی از شرق به غرب چگونه صورت می‌گرفت و در صورت لزوم نمونه‌هایی از انتقال اندیشه‌ها و نظرات و تکنیکها از شرق اسلامی به اروپا نیز ارائه خواهیم داد. در فصلهای بعدی نیز نمونه‌های دیگری از همین روند را عرضه خواهیم داشت.

پذیرش تکنولوژی اسلامی در اروپا از طریق واژه‌های بسیاری نمود می‌یابد که از زبان عربی مشتق شده، به زبانهای اروپایی راه یافته‌اند. ورود این واژه‌ها به زبان انگلیسی بیشتر، ولی نه همیشه، از راه زبانهای ایتالیایی و اسپانیایی صورت گرفته است. در این زمینه فقط به ذکر چند نمونه اکتفا می‌شود: در صنعت نساجی ـ موسلین[۴۵] (پارچه نازک پشت‌نما یا ململ)، تافته[۴۶]، تابی[۴۷] (حریر موجدار)، داماسک[۴۸] (حریر گلدار)؛ در کاغذسازی ـ ریم[۴۹] (بند کاغذ)؛ در مواد غذایی ـ

---

۴۴) Afrasia، منظور کلّ یکپارچهٔ دو قارهٔ افریقا و آسیاست. ـ م.

45) muslin
46) taffeta
47) tabby
48) damask
49) ream

الفلفه[۵۰] (یونجه)، شکر[۵۱] (قند)، شربت[۵۲]؛ در مواد رنگی ـ سافران[۵۳] (زعفران)، کرمز[۵۴] (قرمزدانه)؛ در چرمسازی ـ کوردووان[۵۵] (تیماج نرم قرطبه) و ماروکو[۵۶] (تیماج سماقی)؛ در کشتیرانی ـ ارسال[۵۷] (زرادخانه)، آدمیرال (امیرالبحر)؛ در تکنولوژی شیمیایی ـ المبیک[۵۸] (انبیق)، الکل، الکالی[۵۹] (قلیایی). زبان اسپانیایی، همان‌طور که انتظار می‌رود، از نظر جذب واژه‌های مشتق از عربی، بخصوص در کشاورزی و آبیاری بسیار غنی است. برای مثال، تاهونا[۶۰] برای آسیاب، آسِنیا[۶۱] برای چرخ آب، آسه کویا[۶۲] برای کانال آبیاری.

بسیاری از موضوعها و مباحث علمی در اواخر قرون وسطی به زبان لاتین ترجمه شد. سازمان ترجمهٔ تولیدو (اسپانیا) در قرن دوازدهم میلادی یکی از مراکزی بود که صدها رساله و مقاله و کتاب علمی عربی را به زبان لاتین ترجمه می‌کرد. ولی متأسفانه در عرصهٔ تکنولوژی چنین فعالیتی وجود نداشت و از این نظر ترجمه‌هایی که به طور مستقیم از عربی صورت گرفته باشد چندان زیاد نیست. تقریباً در ۱۲۷۷ میلادی، در دربار آلفونس دهم پادشاه کاستیل، کتابی زیر عنوان «راهنمای دشواریهای علم نجوم» زیر نظر خود پادشاه تدوین می‌شد که هدف آن عبارت بود از توضیح و تشریح دانش اسلامی به خوانندگان اسپانیایی‌زبان. در یکی از بخشهای این کتاب که به تعیین زمان اختصاص داشت، نوعی ساعت وزنه‌ای با چرخ دنگ جیوه‌ای را تشریح می‌کردند که در قرن یازدهم میلادی به وسیلهٔ مسلمانان در اسپانیا ساخته شده بود ـ یعنی ۲۵۰ سال پیش از آنکه ساعت وزنه‌ای در اروپای شمالی پدیدار گردد. در کتاب حاضر، هرگاه نمونه‌هایی مستند و مطمئن از این نوع انتقال مستقیم تکنولوژی از شرق به غرب در دست باشد، از آنها یاد خواهیم کرد. برای مثال، تقریباً در ۱۲۷۷ میلادی، اسرار شیشه‌سازی سوریایی به موجب موافقتنامه‌ای که بین بوهموند هفتم، امیر انطاکیه و رئیس‌جمهوری ونیز منعقد شد به آن سامان انتقال یافت

---

50) alfalfa
51) sugar
52) sherbet
53) saffron
54) kermes
55) cordovan
56) morocco
57) arsenal
58) alambic
59) alcali
60) tahona
61) aceña
62) acequia

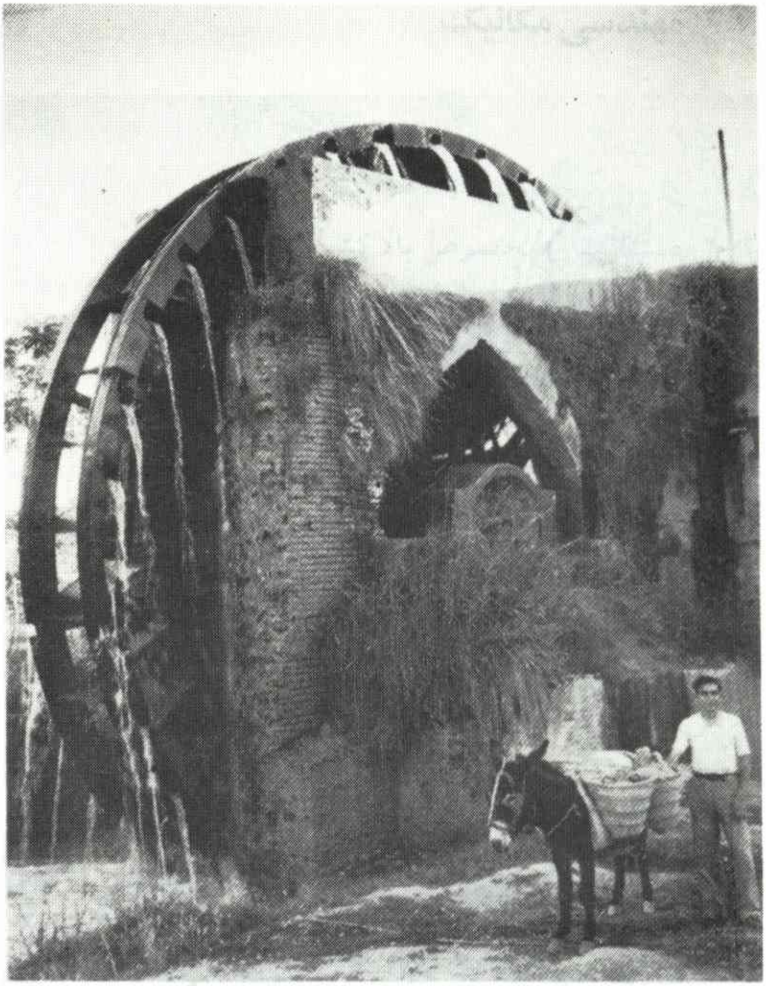
(رجوع کنید به فصل ششم). از آنجا که موضوع تکنولوژی اسلامی در نخستین مراحل پژوهشی قرار دارد، چنین نمونه‌هایی هنوز به طور نسبی اندک است، ولی تردیدی نیست که موارد دیگری نیز به موازات پیشرفت تحقیقات آشکار خواهد شد. لازم به توضیح است که نگارندگان کتاب حاضر، از همان هنگامی که پژوهشهای خود را برای تدوین این اثر شروع کردند، با مواردی چند از انتقال تکنولوژی که قبلاً روشن شده بود آشنایی داشتند.

در اینجا یادآوری چند نکتهٔ مهم در مورد زمان و محل تبادل افکار بین شرق و غرب را لازم می‌دانیم. روابط بین اروپای مسیحی و دنیای اسلام همیشه خصمانه نبود. حکمرانان مسلمان اغلب مردان روشن و آگاهی بودند که با اتباع مسیحی خویش به مدارا رفتار می‌کردند، و این خصلتی بود که تعالیم قرآن مجید در آنها دمیده بود. از سوی دیگر، ملاحظات تجاری موجب شده بود که گروههای وسیعی از بازرگانان اروپایی در شهرهای عمدهٔ دنیای اسلام مستقر گردند و، در مقابل، گروههایی از سوداگران مسلمان نیز در بیزانس رحل اقامت افکنده بودند، چه در آنجا می‌توانستند با بازرگانان سوئدی که از طریق رود دنیپر به جنوب می‌آمدند تماس حاصل کنند. در قرنهای چهارم و پنجم هجری (دهم و یازدهم میلادی) بخصوص مناسبات بازرگانی فشرده‌ای بین فاطمیان مصر و شهر ایتالیایی آمالفی[۶۳] برقرار بود. طاق ضربی جناغی، که بعدها در اروپا به صورت یکی از عناصر اصلی سبک معماری گوتیک درآمد، از طریق همین شهر آمالفی به اروپا راه یافت و نخستین کلیسایی که طاقهای ضربی آن با استفاده از همین تکنیک در سال ۱۰۷۱ میلادی ساخته شد، در مونته‌کازینو برپا گشت. بعضی از مورخان معتقدند که دربارهٔ تأثیر جنگهای صلیبی بر فرهنگ اروپایی مبالغه شده است، ولی تردیدی نیست که در جریان این جنگها، چنانکه قبلاً در مورد شیشه‌سازی سوریایی دیدیم، انتقالهایی وجود داشته است. ولی بارورترین مبادلات تجاری و علمی و فنی بین دنیای اسلام و جهان غرب در شبه‌جزیرهٔ ایبریا (اسپانیا و پرتغال کنونی) صورت می‌گرفت، خاصه آنکه

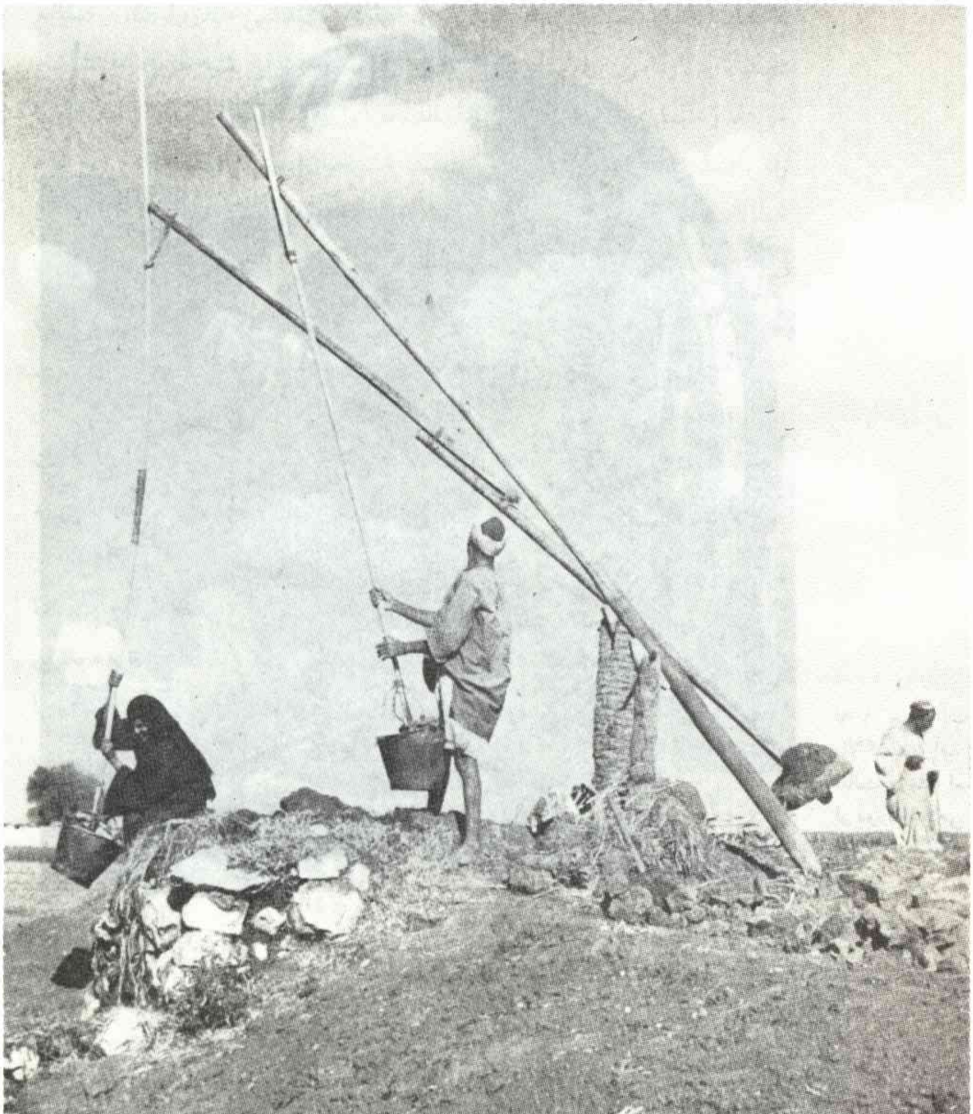
---

۶۳) Amalfi ، بندری در جنوب ناپل (ایتالیا) در کنار خلیج سالِرنو که در سده‌های دهم تا دوازدهم میلادی از شکوه و رونق خاصی برخوردار بود. - م.

حکومت تقریباً مداراگرانه و تساهل‌آمیز خلفای اموی اسپانیا و جانشینان آنها زمینه را برای روابط دوستانه بین مسیحیان و مسلمانان مساعد کرده بودند. عملیات جاری مسلمانان در کشاورزی، آبیاری، مهندسی هیدرولیک، و صنایع دستی و کارگاهی بخشی از زندگی روزانهٔ نیمهٔ جنوبی شبه‌جزیره را تشکیل می‌داد و بسیاری از ابتکارهای مسلمانان در این زمینه‌ها به ایتالیا و شمال اروپا راه یافتند. فتح مجدد اسپانیا به دست مسیحیان، عملاً وقفه‌ای در این نوع مبادلات به وجود نیاورد، زیرا مسیحیان کارگاهها و تأسیساتی را که مسلمانان اداره می‌کردند زیر نظارت خود گرفتند و حتی با سرعت بیشتری آنها را در طول قرنهای بعدی گسترش دادند. روشهای آبیاری مسلمانان و تأسیسات آبرسانی آنها (تصویر ۷-۱) به صورت شالوده‌های اساسی نظام کشاورزی اسپانیایی باقی ماند و بعدها عیناً به «دنیای جدید» [قارهٔ آمریکا] منتقل شد. بعضی از تأسیسات صنعتی، مانند کارخانهٔ کاغذسازی یاتیوا نزدیک والنسیا، به دست مسیحیان افتاد. دو ساعت آبی بزرگ در کرانه‌های تاگوس و تولیدو، هنگامی که مسیحیان در سال ۱۰۸۵ میلادی به شهر وارد شدند، در اختیار آنان قرار گرفت و دست‌کم تا پنجاه سال بعدی نیز همچنان به کار خود ادامه دادند. اینها تنها نمونه‌های اندکی است از انتقال نوآوریهای مسلمانان به اروپا. نمونه‌های دیگری از انتقال تکنولوژی در صفحه‌های بعدی همین کتاب مطرح خواهد شد. با پیشرفت پژوهشهای جدید امید می‌رود که سرانجام تصویر جامعی از انتقال تکنولوژی مسلمانان به غرب در اختیار همگان قرار گیرد.



۷-۱ چرخ آب (دولاب) برای بالا کشیدن آب از رودخانه، در ایالت مرسیهٔ اسپانیا، باقی‌مانده از دورهٔ اسلامی که در میانهٔ قرن سیزدهم میلادی در آنجا به پایان رسید.



۲ مهندسی مکانیک

۱-۲ دستگاههای مخصوص بالاکشیدن آب

تأمین آب برای آبیاری، آشامیدن، و دیگر مصارف صنعتی و خانگی همواره یکی از مسائل حیاتی سرزمینهای اسلامی بوده است. اوضاع و احوال اقلیمی و توپوگرافیک خاص اروپای شمالی - بارندگیهای سنگین و رودها و نهرهای فراوان - در بسیاری از کشورهای اسلامی وجود خارجی ندارد. در قرون وسطای اسلام، تنها بخشی از ایران، بین‌النهرین (منطقهٔ بین دو رود دجله و فرات)، و بعضی از سرزمینهای کرانه‌ای دریای مدیترانه آنقدر بارش داشتند که بتوانند به طور دیمی - یعنی بدون آبیاری - به کار کشاورزی پردازند. با آنکه مرزهای سرزمینهای اسلامی در طول قرون گذشته بارها تغییر یافته، الگوهای اساسی کشاورزی و دامپروری - در قیاس با کشاورزی مقید به آبیاری منظم - به همان صورت قدیمی باقی مانده است. مسئلهٔ اساسی در این سرزمینها نیز هنوز هم همان است که بود - یعنی فراهم ساختن آب از منابع مختلف برای رفع نیازهای مردم. در حادترین موارد - یعنی در بیابانها و کویرها - مسئله را با استخراج آبهای زیرزمینی به وسیلهٔ حفر چاه حل کردند که این مقدار آب البته فقط برای رفع تشنگی و مصارف آشپزی کفایت می‌کرد. ساده‌ترین راه برای انجام این کار، بستن سطل به طناب و فرستادن آن به ته چاه است و روش اندکی پیشرفته‌تر عبارت است از تعبیهٔ نوعی استوانه بر سر چاه آب و استفاده از یک دسته برای چرخاندن آن و پیچاندن طناب به دور استوانه. ولی با اسکان یافتن گروههای وسیعتری از مردم در محلهای معین، این‌گونه تمهیدات برای رفع نیازهای عمومی به آب کفایت نمی‌کرد و به همین دلیل هم رفته رفته سه روش و سه «ماشین» جدید ابداع شد و به سرعت گسترش یافت.

۱-۲ دو دستگاه شادوف برای بالاکشیدن آب از رودخانه در مصر

نخستین «ماشین» را شادوف می‌نامیدند و در مصر باستان و آشور مورد

بهره‌برداری قرار می‌گرفت. این دستگاه عبارت بود از دو ستون کوتاه که با چوب، آجر و خشت یا با مواد و مصالح دیگر ساخته می‌شد. بین آنها یک میلهٔ چوبی افقی به عنوان نقطهٔ اتکای اهرم، تعبیه می‌کردند. این اهرم که در واقع تیر چوبی بلندی است به نسبت تقریباً دو بر یک، به دو بازو تقسیم می‌شود و در همین نقطهٔ تقسیم روی میلهٔ چوبی افقی تکیه می‌گیرد و حول آن نوسان می‌یابد. در انتهای بازوی کوتاهتر این اهرم یک قطعه سنگ یا گِل رس تعبیه می‌شود که به عنوان پارسنگ به بلند کردن سطل پر از آب که به انتهای بازوی بلندتر اهرم آویخته است کمک می‌کند. کارگر عامل با فشار آوردن روی تیر یا با کشیدن طناب، سطل را به داخل آب رودخانه فرو می‌برد و، سپس، وزن پارسنگ خودبه‌خود سطل آب را بالا می‌کشد و بعد آب آن را به درون یک منبع یا مستقیماً به کانال آبیاری می‌ریزند. در پاره‌ای از موارد دو شادوف را با استفاده از یک میلهٔ تکیه‌گاه در کنار هم قرار می‌دادند که یکی از آنها به عنوان وسیلهٔ یدکی - در صورت شکستن تیر شادوف اصلی - مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفت.

هنگامی که لازم باشد آب را با همین روش تا سطوح بالاتری بکشند، چند شادوف را به طور تصاعدی روی سطوح مختلف سوار می‌کردند تا سرانجام آب را به ارتفاع مورد نظر برسانند.اولین دستگاه آب رودخانه را در یک منبع خالی می‌کرد و شادوف دوم آب را از این منبع به منبعی بالاتر منتقل می‌کرد و همینطور تا آخر. دستگاه شادوف که بسیار کم‌خرج و مناسب سرزمینهای کم‌آب است هنوزهم در مصر کاربرد دارد.

دو نوع ماشین آبکشی دیگر وجود داشت که یکی از آنها - سقایه[۶۴] - با نیروی حیوانی (گاو یا اسب) به حرکت درمی‌آمد، و دیگری - نوریا - با نیروی آب کار می‌کرد. مسئلهٔ اصطلاح‌شناسی «چرخ آب» عملاً لاینحل مانده است. در بعضی از مناطق، یک اصطلاح نوعی برای همهٔ انواع دستگاههای آبکشی به کار

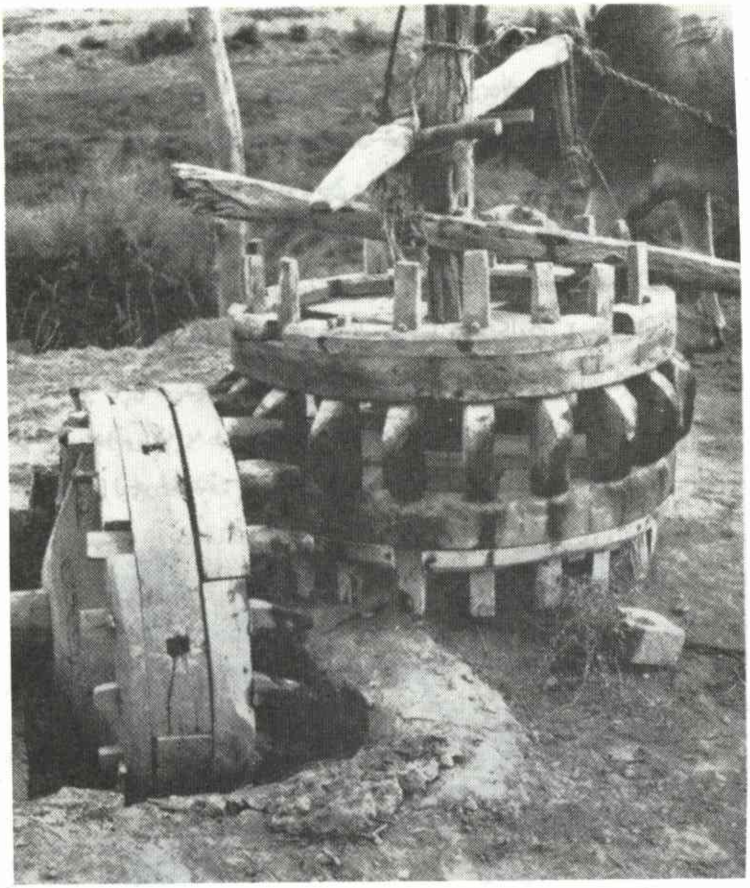
---

۶۴) Saqiya، سقایه یا سقایت (به کسر سین و فتح یا) به معنای جای آب یا ظرف یا پیمانهٔ آب یا پیشهٔ کسی است که به دیگران آب بدهد. واژه‌های ساقی، سقّا، سقاخانه نیز از همین ریشه آمده‌اند. سقایه در واقع همان «چرخ آب ایرانی» یا «دولاب» است. خوانندگان علاقه‌مند برای اطلاع بیشتر از تحول این تکنولوژی جالب رجوع فرمایند به کتاب «تکنولوژی به زبان ساده» از انتشارات علمی- فرهنگی، ص ۴۴۰. - م.

می‌رود و در پاره‌ای دیگر از نواحی این نوع چرخهای آب را با واژه‌های صرفاً محلی مشخص می‌سازند. تنها در سوریه است که اصطلاح سقایه را منحصراً برای چرخهای متکی به نیروی حیوانی به کار می‌برند و اصطلاح نوریا را صرفاً برای چرخهایی که با نیروی آب به حرکت درمی‌آیند. در بقیهٔ مطالب این فصل، ما نیز همین اصطلاحات را با همین معانی به کار خواهیم برد. مکانیسم مرکزی سقایه عبارت است از دو چرخدنده که با زاویهٔ نود درجه با یکدیگر درگیر شده‌اند - یک چرخ دندانه‌دار عمودی بزرگ و یک چرخدندهٔ فانوسی (پینیون) که نیروی حیوان را به چرخ عمودی منتقل می‌سازد (شکلهای ۲-۲ (الف) و (ب)). چرخدندهٔ فانوسی، همان‌طور که از اسمش برمی‌آید، تشکیل یافته است از دو دیسک چوبی که به وسیلهٔ میله‌های چوبی کوتاه از یکدیگر فاصله گرفته‌اند. دندانه‌های چرخدندهٔ عمودی در فواصل بین این میله‌ها جا می‌افتند.

۲-۲ (الف) یک سقایه در ببرکی پاکستان. در این سیستم، آب از داخل دَلْوهای متصل به چرخ عمودی به‌درون ناودانی می‌ریزد که آب را به کانالی در سمت چپ تصویر منتقل می‌کند.





۲-۲ (ب) دندانه‌های یک نوع سقایهٔ دیگر در پاکستان که با دندانه‌های یک پینیون فانوسی درگیر می‌شود.

چرخدندهٔ عمودی روی محوری بالای منبع آب که معمولاً نوعی چاه کم‌عمق است تعبیه می‌شود. در طرف مخالف دندانه‌های چرخ عمودی، استوانه‌ای وجود دارد که حامل رشته‌ای از دَلْوهای کوچک است و آن را معمولاً «حلقهٔ دلوها» می‌نامند. پرّه‌های مخصوص حمل دلوها در حقیقت قسمت انتهایی دندانه‌های چرخ عمودی هستند. گاه دلوها را روی چرخ جداگانه‌ای سوار می‌کنند که بر همان محور افقی چرخدندهٔ اصلی تعبیه می‌شود. حلقهٔ دلوها به طور کلی عبارت است از تعدادی ظرف گلدان‌مانند که میان دو رشته طناب تاب‌خورده استوار شده‌اند. در بعضی از موارد، طنابها و ظرفهای گلی را با زنجیره‌ای سطلهای کوچک فلزی جانشین می‌کنند. از سوی دیگر میله‌ای چوبی را به محور عمودی

چرخ دندانه‌دار فانوسی متصل می‌کنند و سر دیگر آن را به بدن حیوان (قاطر، الاغ یا شتر) می‌بندند. بدین ترتیب، هنگامی که حیوان در مسیری مدور در اطراف محور عمودی چرخدندهٔ فانوسی می‌گردد، چرخدندهٔ فانوسی به گردش درمی‌آید و دندانه‌های خارجی آن با دندانه‌های چرخ عمودی درگیر شده و آن را در سطح آب چاه یا رودخانه به گردش درمی‌آورد و در گردش مداوم خود، دلوها را یکی پس از دیگری در آب فرومی‌برد و بعد دلوهای پر از آب را بالا برده و سپس در ادامهٔ چرخش خود، آب آنها را در منبع یا ناودانی خالی می‌کنند تا به مصرف مورد نظر برسد. آب این دلوها معمولاً از طریق کانالی در زیر مسیر حیوان در یک منبع اصلی با ظرفیت تقریباً ۱۰۰ مترمکعب ریخته می‌شود. یکی از اجزای حیاتی سقایه‌های بزرگتر نوعی ضامن است که روی دندانه‌های چرخ حامل حلقهٔ دلوها تعبیه می‌شود. این ضامن اهمیتی اساسی دارد، چه حیوان به طور دائم تحت تأثیر نیروی کشش دلوهای پر از آب قرار دارد. ضامن به دو طریق عمل می‌کند ـ یکی در شرایطی که حیوان مالبند ندارد و دیگری هنگامی که مالبند به عللی بشکنند. بدون ضامن، در چنین شرایطی ممکن است که چرخ با سرعت زیاد در جهت معکوس به گردش درآید و در این صورت میلهٔ کشش به سر حیوان اصابت خواهد کرد و احتمالاً او را سقط یا گیج خواهد کرد و کل دستگاه ناقص خواهد شد.

آب آشامیدنی و همچنین آب لازم برای دیگر مصارف خانگی را معمولاً به طور مستقیم از آب‌انبار یا منبع اصلی برمی‌دارند. شبانگاهان، جهت جریان آب را عوض می‌کنند و آن را از طریق کانالها و جویهای مخصوص آبیاری به سوی کشتزارها هدایت می‌کنند. کارآیی سقایه را در حدود ۶۰ درصد تخمین زده‌اند (با آبدهی ۴ مترمکعب آب به ازای طوقه‌ای با محیط تقریباً ۴ متر).

سقایه را در زمان روم باستان از تقریباً اوایل عصر مسیحیت به خوبی می‌شناختند، چون در مصر و سوریه و احتمالاً در سواحل شمال افریقا از آن استفاده می‌کردند. در آغاز، این دستگاه نوعی وسیلهٔ تجملی محسوب می‌شد که فقط برای تأمین آب مصرفی خانه‌های اشرافی از آن استفاده می‌کردند، ولی پس از ابداع شیطانک و ظروف سفالی در قرن چهارم یا پنجم میلادی چرخ سقایه موارد استعمال وسیعتری یافت. تقریباً مسلم است که حتی قبل از اسلام نیز در

عربستان از نوعی سقایه استفاده می‌کرده‌اند، چون در زمان پیامبر اسلام اصطلاح ویژه‌ای برای نامیدن شترهای مخصوص بالاکشیدن آب از چاهها وجود داشت. این دستگاه به احتمال زیاد از طریق سوریه به اسپانیا راه یافته و برای آبیاری به روش مسلمانان مورد استفاده قرار می‌گرفته است. ابن‌بَصّل، از مورخان اواخر قرن پنجم هجری (یازده میلادی)، سقایه را به عنوان دستگاه آبیاری رایج در سرزمینهای اسلامی توصیف می‌کند. حتی در حال حاضر هم هنوز از همین دستگاه در کشورهای اسلامی و شبه‌جزیرهٔ ایبریا و جزایر بالئار استفاده می‌کنند و این دستگاه به طور بیست و چهار ساعته در طول حداقل ۱۰۰ روز در سال کار می‌کند و توقف آن حتی به مدت چند روز نابودی محصولات کشاورزی را در پی دارد. ولی تلمبه‌های مکانیکی در بیشتر کشتزارها، بخصوص برای تولید پنبه، عملاً جانشین سقایه شده است.

نوریا، نوعی چرخ آب است که بیشتر در سرزمینهای دارای رودها و نهرهای پرآب به کار گرفته می‌شود. این نوع چرخ آب که مستقیماً به وسیلهٔ جریان آب به‌گردش درمی آید، روی نهرها یا رودخانه هایی تعبیه می‌شود که بستر آنها تا حدی گودتر از سطح زمینهای اطراف است. این نوع چرخ آب امروزه دیگر کاربردی ندارد، ولی نمونه‌های زیبایی از آن را هنوز هم می‌توان روی رودخانهٔ اورونتس در حماء سوریه تماشا کرد (شکل ۳-۲). این نوع چرخ آب را بین ستونهای کوتاهی کار می‌گذارند که بالشتک‌های ویژهٔ حمل محور آهنی یا چوبی چرخ روی آنها تعبیه می‌شود. در اطراف این محور قالب چوب‌بندی‌شده‌ای نصب می‌شود که پره‌های چوبی چرخ را به آن متصل می‌کنند. قطر طوقهٔ خارجی بزرگترین این‌نوع چرخها تقریباً ۲۰ متر است و ۱۲۰ محفظهٔ آبگیر روی این طوقه کارگذاشته می‌شود. بین هر دو محفظه نوعی دیوارهٔ چوبی قرار دارد، و در اثر فشار آب حاوی رودخانه به همین دیواره‌های چوبی است که چرخ به‌گردش درمی‌آید. محفظه‌ها در آب فرومی‌روند و، سپس، پر از آب به طرف بالای چرخ می‌روند و در مسیر نزولی آب آنها در یک منبع اصلی ریخته می‌شود و از آنجا به وسیلهٔ ناودان یا کانال مخصوصی به محل مورد نظر منتقل می‌گردد. در بعضی از انواع این چرخها، علاوه بر محفظه‌هایی که گفته شد، ظروف سفالی دیگری هم به طوقهٔ چرخ می‌بندند.



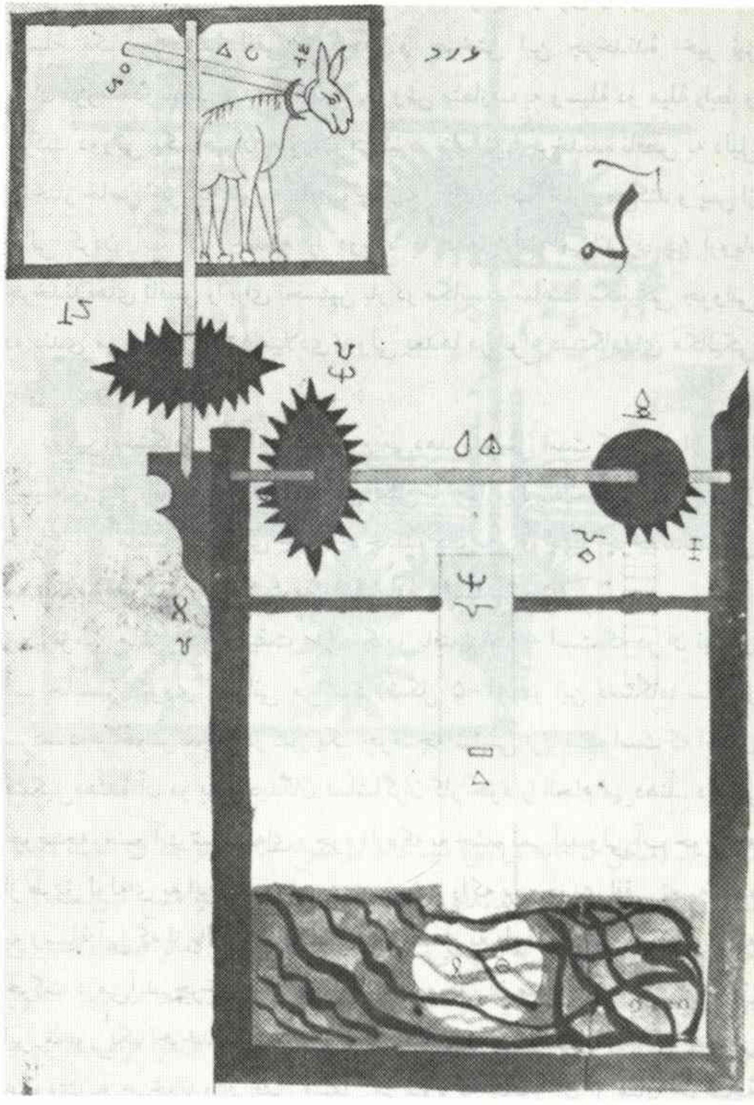
۳-۲ یک چرخاب در حماء سوریه. آبی که به وسیلهٔ این چرخ از رودخانه برداشته می‌شد، از طریق آبراهه‌ای که در قسمت چپ تصویر دیده می‌شود به سوی مرکز شهر می‌رفت.

این نوع چرخ آب نیز در زمان رومیان به کار گرفته می‌شد، و ویترووبوس که در نخستین قرن میلادی می‌زیسته در آثار خود به توصیف آنها پرداخته است. مقدسی، مورخ، نیز در سفرنامهٔ خود می‌نویسد که بسیاری از این نوع چرخها را در اهواز (ایران) روی رودخانه‌ها دیده است (وفات، ۳۹۰ هجری/ ۱۰۰۰ میلادی). وی شرح می‌دهد که آب حاصل از این چرخها به وسیلهٔ کانالهایی به آب‌انبارهای شهر و یا حتی به باغهای میوه و کشتزارهای اطراف هدایت می‌شده است. مورخ دیگر، ادریسی، در ۵۸۴ هجری/ ۱۱۵۴ میلادی، چرخ آبی را توصیف می‌نماید که آب مورد نیاز شهر تولیدو در اسپانیا را تأمین می‌کرده است. قطر این چرخ در حدود ۹۰ ذراع (۱۳۵ پا) بوده و آب مورد نیاز شهر را از

رودخانهٔ تاگوس تأمین می‌کرده است. بنابراین، طرز کار آن بسیار شبیه به چرخ آب شهر حماء در سوریه بوده است.

رساله‌ای که در اوایل قرن پنجم هجری (قرن یازدهم میلادی) نوشته شده، جزئیات ساختاریِ چرخهای آب از نوع نوریا را شرح می‌دهد و مقدار آبی را هم که در ظرف یک ساعت بالا می‌کشیده تعیین می‌نماید. چرخ در عراق بوده است. ارتفاع بالابری آب معلوم نیست، ولی اگر فرض کنیم که در حدود ۱۹ متر بوده است، پس می‌توان تخمین زد که قدرت آن در حدود ۵/۶ اسب‌بخار بوده است. از آثار جغرافیانگاران مسلمان چنین برمی‌آید که در سرتاسر سرزمینهای اسلامی این نوع چرخ آب فراوان بوده است و گاه سدهایی هم در مسیر آب نهرهای کم‌آب می‌بسته‌اند تا سطح آب زیر چرخها را بالاتر بیاورند (رجوع کنید به فصل سوم). علت از بین رفتن این نوع چرخها در عصر حاضر جانشین شدن آنها به وسیلهٔ تلمبه‌های مبتنی بر روش گریز از مرکز بوده است و اخیراً نیز ایجاد سدهای عظیمی در اسوآن مصر یا الثوره روی رود فرات در سوریه با قدرتهای بسیار زیاد برای تولید برق و ایجاد دریاچه‌های وسیع پشت سدها برای آبیاری، کاربرد چرخهای آب سنتی را منتفی ساخته است. مهندسان سرزمینهای اسلامی برای افزایش کارآیی دستگاههای آب‌کشی به ابتکارهایی دست می‌زدند که نمونه‌هایی از آنها را در زیر شرح خواهیم داد.

الجزری و تقی‌الدین به توصیف دستگاههایی برای بالا کشیدن آب پرداخته‌اند که نشان می‌دهد مهندسان سرزمینهای اسلامی به اهمیت افزایش بازدهی سیستمهای موجود کاملاً آگاه بوده‌اند. نخستین ماشینی که به وسیلهٔ الجزری شرح داده می‌شود، دستگاهی است که برای به حرکت درآوردن نوعی اهرم به کار می‌رفته و در حقیقت می‌توان آن را نوعی شادوف تکامل‌یافته دانست. در این دستگاه (شکل ۴-۲)، به جای تیر چوبی بلندی که در شادوف نقش میلهٔ اهرم را بازی می‌کرد، یک آبراههٔ سرگشاده وجود دارد که از یک طرف به چمچهٔ آبگیر متصل است. آب انباشته‌شده در چمچه از طریق دهانهٔ ناودانی آن به انتهای آبراههٔ مذکور ریخته می‌شود. بدین ترتیب، هنگامی که چمچه در آب فرو می‌رود پر از آب می‌شود و هنگامی که چمچه در اثر حرکت محور فوقانی آن به طرف بالا می‌رود، آب خود را به داخل آبراههٔ سرگشاده‌ای



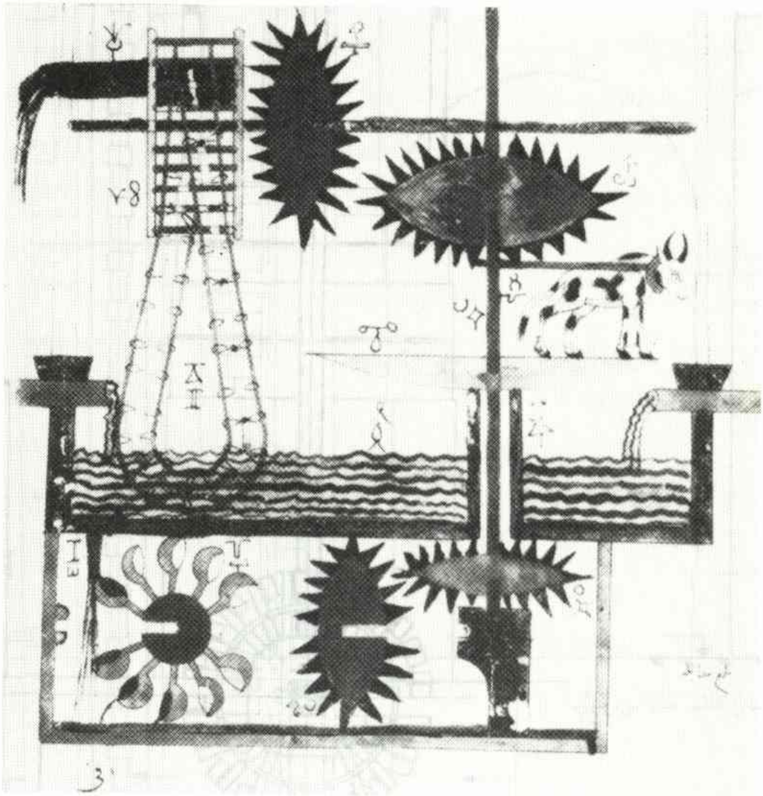
۴-۲ نخستین دستگاه ویژهٔ بالا کشیدن آب از رودخانه‌ها، به روایت الجزری. قرن سیزدهم میلادی. موزهٔ توپ‌قاپو، استانبول.

که بدان متصل است می‌ریزد و آب از این راه به سوی کانال مخصوص آبیاری هدایت می‌شود. نقطهٔ اتکای میلهٔ حامل آبراههٔ فوق‌الذکر در نزدیکی سطح آب روی نوعی محور افقی قرار دارد که دو سر آن روی پایه‌هایی که در دو طرف نهر آب استوار شده‌اند جای می‌گیرند. این محور افقی به وسیلهٔ یک چرخدندهٔ فانوسی که خود با یک چرخدندهٔ ناقص درگیر است به گردش درمی‌آید. در سوی

دیگر محور این چرخدندهٔ ناقص، چرخدندهٔ عمودی دیگری وجود دارد که به وسیلهٔ یک چرخدندهٔ افقی می‌گردد، و چرخش این چرخدندهٔ اخیر نیز همان‌طور که در شکل دیده می‌شود به روش متعارف به وسیلهٔ دو میلهٔ رابط و حرکت دورانیِ یک حیوان صورت می‌گیرد. بنابراین، چرخدندهٔ ناقص به دلیل ساختار خاص خود به طور متناوب چمچه را از آب نهر خارج می‌کند و پس از خالی کردن آب آن، چمچه را دوباره به داخل آب می‌اندازد. در اروپا، چرخدنده‌های ناقص را برای نخستین بار در مکانیسم ساعت مکانیکی جووانی دو دندی می‌بینیم (۱۲۶۴ میلادی)، ولی بعدها در انواع دستگاههای مکانیکی جدید آن را به کار گرفتند.

دومین دستگاهی که الجزری شرح می‌دهد ماشینی است که می‌توان آن را وسیله‌ای برای افزایش ظرفیت ماشین قبلی تا چهار برابر دانست. یکی دیگر از مزایای این ماشین که دارای چهار چرخدندهٔ فانوسی و چهار چرخدندهٔ ناقص است نرم‌تر کار کردن آن نسبت به ماشین اولی است.

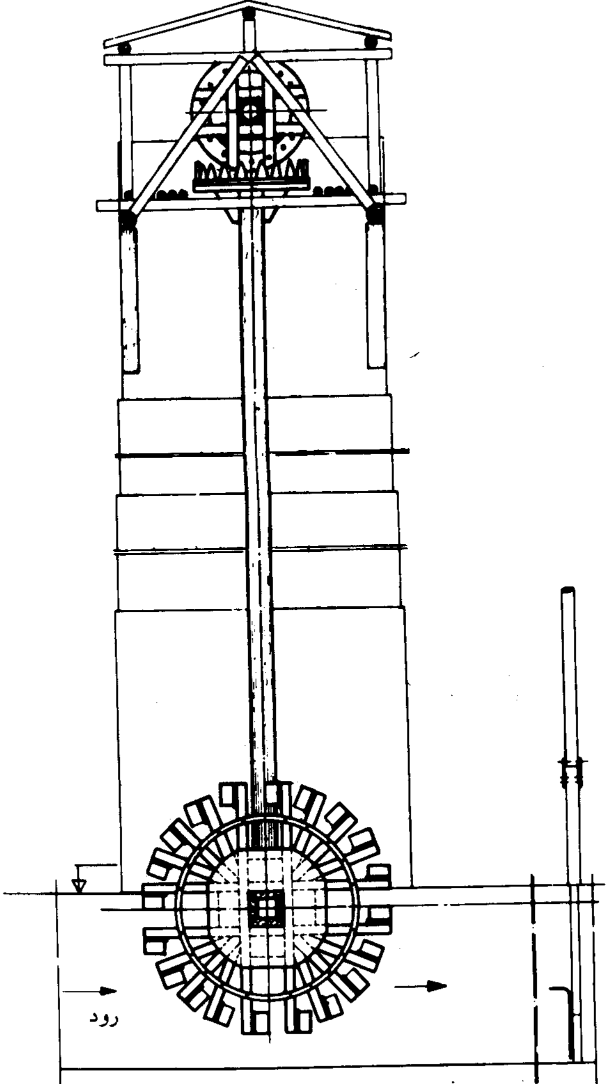
سومین ماشین در حقیقت مدل تکامل‌یافته‌تر سقایه است که در آن نیروی آب جانشین نیروی حیوانی می‌شود (شکل ۵-۲). در این دستگاه، ساختار سرگشاده و خوش‌نمایی در کنار یک حوضچه تزئینی برپا شده است که اجزای تشکیل‌دهندهٔ آن در برابر دیدگان تماشاگران کار خود را انجام می‌دهند. در زیر حوضچه، منبع آب سربسته‌ای وجود دارد که به چشم نمی‌آید ولی آب حوضچه از طریق لوله‌ای به این منبع می‌ریزد و چرخی را که بر محوری افقی تعبیه شده به وسیلهٔ آبی که از بالا روی قاشقک‌های متصل به طوقهٔ بیرونی آن می‌ریزد به حرکت درمی‌آید. چرخش این طوقه طبعاً به محور آن منتقل می‌گردد و از طریق این محور یک چرخدندهٔ عمودی را به گردش درمی‌آورد. سپس، این چرخش عمودی به چرخدنده‌ای افقی منتقل می‌شود که محور آن از میان حوضچهٔ فوقانی می‌گذرد و در قسمت قابل رؤیت دستگاه چرخدنده‌ای افقی را به گردش درمی‌آورد و این چرخدنده نیز به نوبهٔ خود چرخدنده‌ای عمودی را به حرکت درمی‌آورد که محور آن زنجیره‌ای مجهز به چمچه‌های کوچک را به طور مداوم می‌چرخاند. این چمچه‌ها آب را از حوضچهٔ فوقانی برمی‌کشند و با خالی کردن آنها در کانالی واقع در بالای دستگاه، نوعی آبشار مصنوعی دائمی به وجود



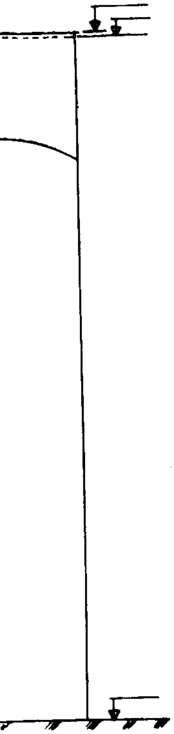
۵-۲ سومین ماشین مخصوص بالا کشیدن آب که به وسیلهٔ الجزری شرح داده شده، نوعی مدل تکامل‌یافته سقایه است که یک آبشار مصنوعی به وجود می‌آورد. مکانیسم گردش دستگاه که با نیروی آب حرکت می‌کند در منبع سربسته‌ای پنهان شده است و تماشاگران چنین می‌پندارند که یک گاو چوبی عامل به حرکت درآوردن چرخندهٔ اصلی است. قرن سیزدهم میلادی (هفتم هجری)، موزهٔ سلیمانیه، استانبول.

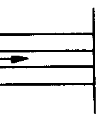
می‌آورند (شکل ۵-۲). در این دستگاه، موضوع جالب توجه آن است که به سبب پنهان بودن چرخنده‌های عامل حرکت اصلی در منبع سربستهٔ زیر حوضچهٔ تزئینی، چنین به نظر می‌رسد که یک گاو چوبی که بر صفحهٔ مدوری در بالای حوضچه، در اثر چرخش محور اصلی چرخنده‌ها به دور محور می‌چرخد عامل حرکت چرخنده‌هاست! این دستگاه را ظاهراً برای تفریح و سرگرمی ساخته بودند و نوعی «چشم‌بندی» هم برای جلب توجه تماشاگران در ساختار آن به کار گرفته شده بود.

یکی از این نوع دستگاهها را روی رود یزید در دمشق کنار راه ساحلی موسوم به «جادهٔ آسیابها» تعبیه کرده بودند. علت نامگذاری این راه هم تعداد زیادی نوریا و چرخ آسیاب بود که در امتداد این راه کناره‌ای برپا شده بود (شکل ۶-۲). دستگاه یادشده احتمالاً پیش از مرگ امیر سیف‌الدین در ۶۵۳

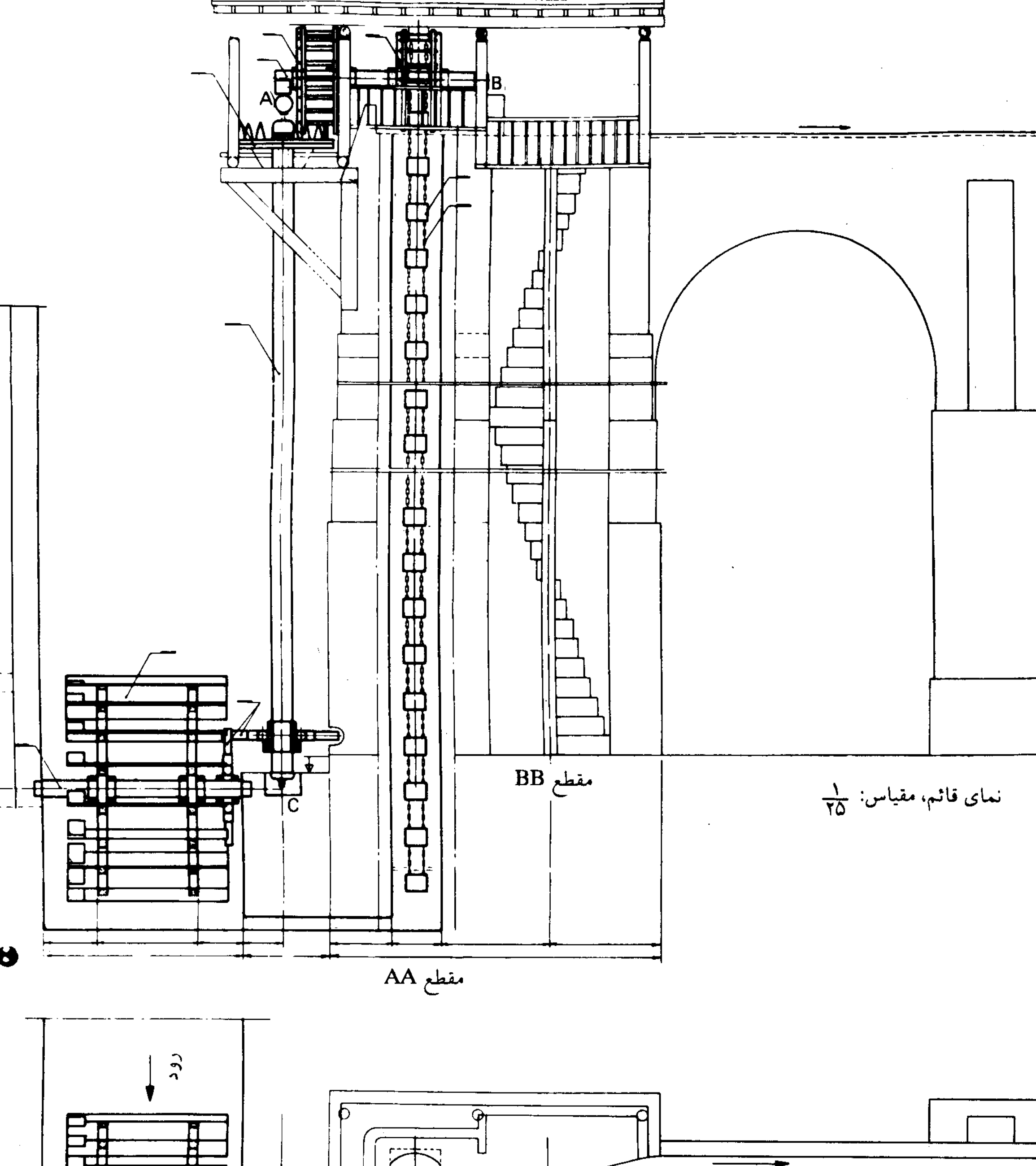


نمای افقی، مقیاس: $\frac{۱}{۲۵}$



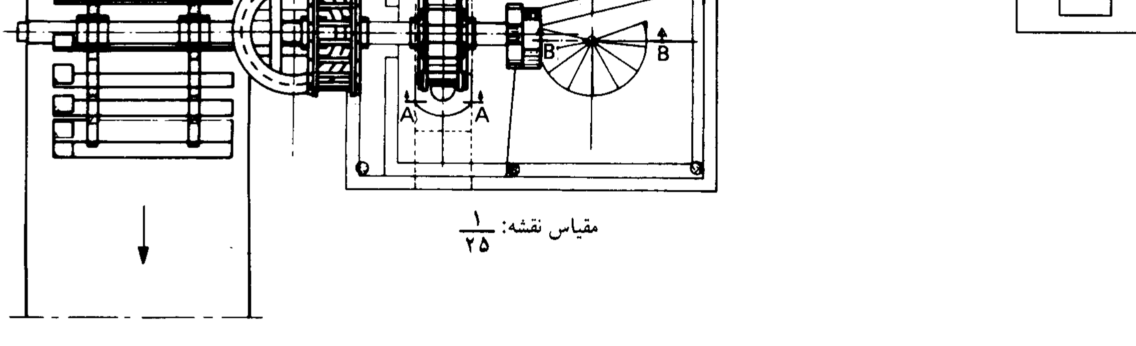


۶-۲ طرح کلی یک سقایهٔ ترمیم‌یافته، روی رود یزید، دمشق، متعلق به قرن سیزدهم میلادی (هفتم هجری). این دستگاه شباهت بسیار دارد به سومین ماشین آبکشی که الجزری به توصیف آن پرداخته است.



A
B
C
مقطع BB
نمای قائم، مقیاس: $\frac{۱}{۲۵}$

مقطع AA



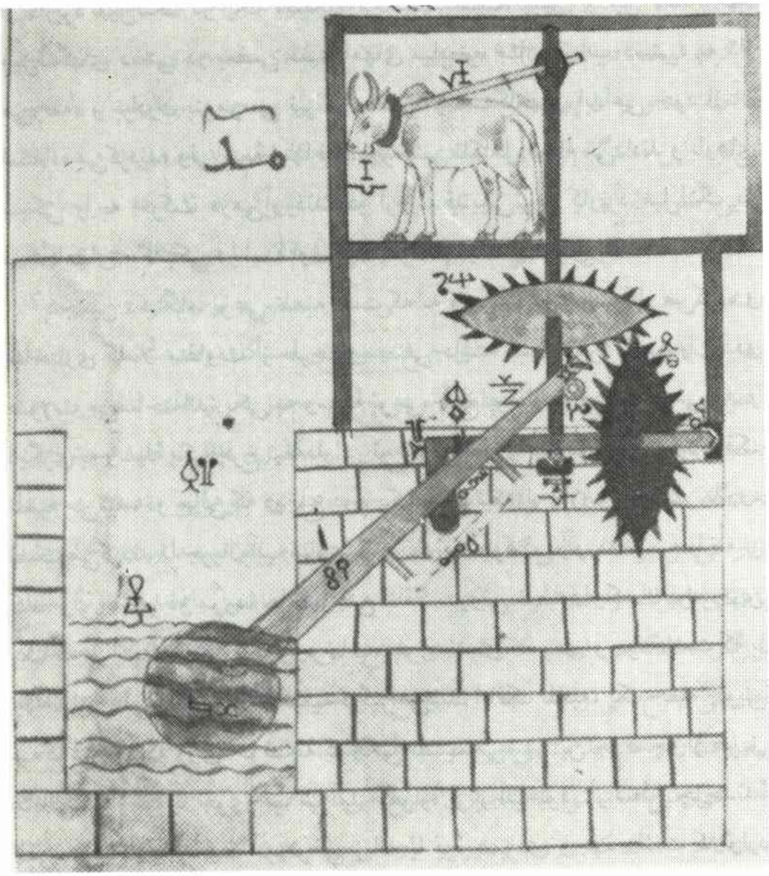
رود
A
A
B
B
مقیاس نقشه: $\frac{۱}{۲۵}$

هجری/ ۱۲۵۴ میلادی ساخته شده بود و آب مورد نیاز یک بیمارستان را تأمین می‌کرده است. در سال ۹۲۳ هجری/ ۱۵۱۶ میلادی، مسجدی در آن نزدیکیها ساخته شد و از آن پس، این دستگاه آب مورد نیاز مسجد و بیمارستان را تأمین می‌کرد. این دستگاه قرنهای متمادی همچنان به کار خود ادامه می‌داد و نسلهای پیاپی متولیان آن از تعمیر و ترمیم آن غفلت نمی‌کردند تا آنکه سرانجام در ۱۹۶۰ به سبب بی‌توجهی مسئولان امر از کار افتاد. با این حال چندی پیش دانشگاه حلب، در چارچوب طرح خاصی، آن را تعمیر و ترمیم کرد و از نو به کار انداخت. چیزی که هست به جای چرخ چمچه‌ای دستگاه توصیف‌شده به وسیلهٔ الجزری، در طرح دانشگاه حلب، نوعی چرخ مجهز به پرّه‌های قاشقی وجود داشت که آن را نوریا هم می‌نامند. البته، این اسم‌گذاری قابل توجیه است چون دستگاه مذکور، علاوه بر وظیفهٔ اصلی خود، دارای دلوهایی متصل به طوقهٔ خارجی‌اش بود که با آبی که از رود بالا می‌کشیدند می‌توانستند آبیاری خانه‌ها و باغهای اطراف را هم تضمین کنند. گذشته از این، ماشین یادشده نمونهٔ بسیار بزرگتر دستگاهی است که الجزری شرح می‌دهد. دَلْوهای متصل به طوقهٔ خارجی چرخ می‌توانند آب را تا ارتفاع ۱۲ متر بالا ببرند و در آبراهه‌ای که به بیمارستان و مسجد منتهی می‌شود تخلیه کنند.

چهارمین ماشینی که الجزری شرح می‌دهد (شکل ۷-۲ (الف) و (ب)) دستگاهی است که بازهم از تیرچهٔ ناودانی و نوعی دلو متصل به آن استفاده می‌کند و انتهای بالایی آن حول محوری که نزدیک منبع آب نصب شده حرکت می‌کند و موجب می‌گردد که آب ناودان متحرک از همان‌جا به منبع اصلی سرازیر گردد. در زیر آبراههٔ متحرکی که به چمچه متصل است، میلهٔ درازی به فاصله‌ای نسبتاً کم از جدار زیرین آبراهه نصب شده که در واقع کار میل‌لنگ را انجام می‌دهد. بازوی پایینی میل‌لنگ به مرکز یک چرخدندهٔ عمودی وصل شده که با یک چرخدندهٔ افقی درگیر می‌باشد. محور این چرخ به سوی بالا و در امتداد کف «موتورخانه» امتداد می‌یابد و یک حیوان به وسیلهٔ میلهٔ کشش به انتهای بالایی آن متصل می‌گردد. هنگامی که حیوان در مسیری دورانی به حرکت درمی‌آید، میل‌لنگ می‌چرخد و بازوی پایینی آن به پس و پیش می‌رود و موجب می‌گردد که چمچه از آب بالا بیاید و دوباره به آب بیفتد. این نخستین نمونهٔ شناخته‌شده

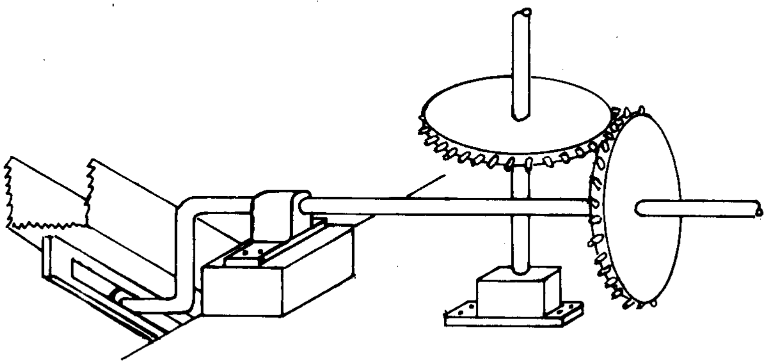
از کاربرد میل‌لنگ در یک دستگاه مکانیکی است. پیش از این دستگاهها، میل‌لنگهای دستی در بعضی دستگاههای ساده‌تر، مثل آسیاب دستی، به کار می‌رفته، و برادران بنوموسی نیز در بعضی از دستگاههای ابداعی خود از آن استفاده می‌کردند، ولی همهٔ اینها فقط چرخشی ناکامل انجام می‌دادند و بارهای سبکی را به حرکت درمی‌آوردند. در اروپا، قدیمی‌ترین کاربرد میل‌لنگ در دستگاههای مکانیکی در نیمهٔ اول قرن پانزدهم میلادی تحقق یافت.

پنجمین دستگاه، نوعی تلمبه است که به وسیلهٔ نیروی آب کار می‌کرده و ساختاری کاملاً متفاوت از طرحهای سنتی داشته است. این تلمبه را به دو صورت می‌ساخته‌اند: یکی به وسیلهٔ نوعی چرخ پره‌دار به حرکت درمی‌آمد و دیگری به وسیلهٔ یک چرخ تیغه‌دار. در نوع اول، محور عمودی چرخ وارد اتاقک تلمبه می‌شد، در حالی که در نوع دوم یک چرخ تیغه‌دار را روی یک نهر یا رود نصب می‌کردند تا جریان آب نیروی لازم برای به حرکت درآوردن تلمبه را تأمین کند. ولی در هر دو مورد، ساختار فنی اتاقک درونی تلمبه‌ها یکسان بود، بدین معنا که در انتهای دیگر محور چرخاب، چرخدنده‌ای عمودی وجود داشت که با چرخدندهٔ افقی داخل اتاقک تلمبه درگیر می‌شد. اتاقک تلمبه، یک جعبه چوبی سه‌گوش بود که روی حوضچهٔ کوچکی نصب می‌شد. این حوضچه از طریق کانالی که از نهر یا جوی آب می‌آمد همواره پر از آب بود. در سطح چرخدندهٔ افقی، نزدیک به محیط آن، نوعی زبانه یا پرهٔ عمودی وجود داشت که وارد شکاف یک میلهٔ فاق‌دار می‌شد. در انتهای میلهٔ فاق‌دار میلهٔ آهنی بلندی قرار داشت که به یک طرف جعبه می‌چرخید. در هر طرف میلهٔ فاق‌دار نوعی چفت محکم وجود داشت که با حلقهٔ انتهای میلهٔ رابط جفت می‌شد. پیستونها در انتهای دیگر میله‌های رابط بودند و درون سیلندرهای مسی نرم جای می‌گرفتند. پیستونها عبارت بودند از دو صفحهٔ مدور که فاصلهٔ بین آنها به وسیلهٔ لبه‌های بلندی محصور می‌شد. به گفتهٔ الجزری، سیلندرها شبیه به استوانه‌هایی بود که برای تخلیهٔ نفت مخصوص اشتعال مورد استفاده قرار می‌گرفت، منتها با ابعادی بزرگتر. (این یکی از موارد نادری است که توصیف نسبتاً روشنی از طرح ساختاری دستگاهی که آن را «سیفون بیزانسی» می‌نامیدند به دست می‌دهد). هریک از سیلندرها داری یک لولهٔ مَکِش و یک لولهٔ تخلیه بود. گذرگاه بین



۷-۲ (الف) چهارمین دستگاه آبکشی توصیف‌شده به وسیلهٔ الجزری. این دستگاه که با نیروی حیوانی کار می‌کند از نوع نوریا است و در ضمن نخستین ماشینی است که در آن از میل‌لنگ استفاده کرده‌اند. قرن سیزدهم میلادی (هفتم هجری)، موزهٔ توپ‌قاپو، استانبول.

لوله‌ها و سیلندرها به وسیلهٔ شیرهای یکطرفه کنترل می‌شد، یعنی شیرهایی که از یک طرف به جریان آب اجازهٔ عبور می‌دادند ولی در جهت مخالف به جریان آب اجازهٔ عبور نمی‌دادند. لوله‌های مَکِش از ورای کف جعبه به درون حوضچهٔ کوچک زیر آن راه می‌یافتند. لوله‌های تخلیه به صورت Y معکوس در بالای ماشین به یکدیگر می‌پیوستند تا از طریق نوعی لولهٔ خروجی واحد آب را به ارتفاع ۱۲ متر بالای دستگاه برسانند. هنگامی که چرخ تیغه‌دار به گردش درمی‌آمد، چرخدندهٔ عمودی چرخدندهٔ افقی را به گردش درمی‌آورد، و زبانه با نوسان کوچکی درون شکاف میلهٔ فاق‌دار جا می‌افتاد. میلهٔ فاق‌دار از یک‌سو به سوی دیگر نوسان پیدا می‌کرد و بدین ترتیب هنگامی که یکی از پیستونها در

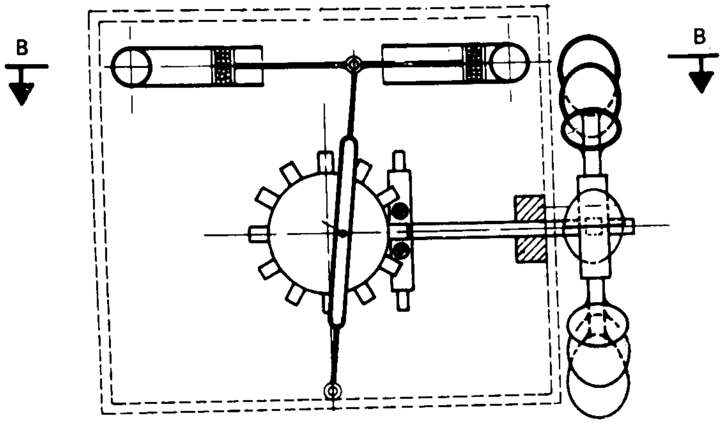


۲-۷ (ب) نمودار اجمالی چرخدنده‌ها و میل‌لنگ تصویر ۲-۷ (الف).

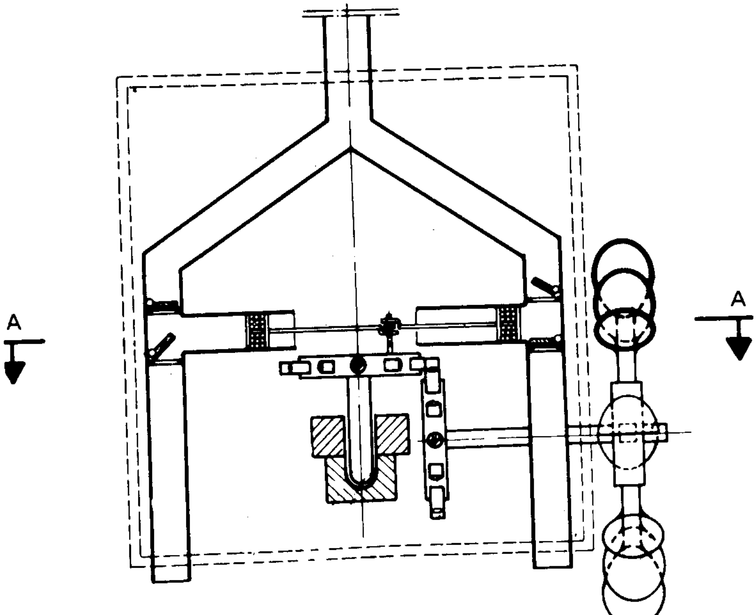
حالت مکش قرار می‌گرفت، دیگری به حالت تخلیه درمی‌آمد. بنابراین، دستگاه فوق‌الذکر را می‌توان نمونهٔ زودرسی از اصل کار مضاعف و تبدیل حرکت چرخشی به حرکت رفت و برگشتی متقابل دانست. یکی دیگر از ویژگیهای جالب توجه این دستگاه عبارت بود از کاربرد لوله‌های مکش واقعی ـ هرچند با طول نسبتاً کم. تلمبه‌های فشاری شناخته‌شده از طریق مآخذ کلاسیک نگارشی یا باستان‌شناختی به طور کلی فاقد لوله‌های مکش بوده‌اند. سیلندرها را مستقیماً در آب برپا می‌داشتند و آب از طریق شیرهای صفحه‌ای تعبیه‌شده در ته سیلندرها بدانها راه می‌یافت. ماشینی که الجزری وصف می‌کند آشکارا نمایشگر کوششهایی است که برای تکمیل و افزایش کارآیی نوریاهای مرسوم به عمل می‌آمد. چنین ماشینهایی بخصوص در موطن الجزری، یعنی منطقهٔ بین بخشهای فوقانی رودهای دجله و فرات، که سطح آب معمولاً پایین‌تر از سطح زمینهای اطراف بود، اهمیت کاربردی فراوان داشت.

تقی‌الدین نیز در کتاب خود به توصیف تلمبه‌ای بسیار شبیه به تلمبهٔ الجزری می‌پردازد، با این تفاوت که به جای چرخ آب تیغه‌دار، نوعی چرخاب چمچه‌ای نیروی لازم را تأمین می‌کرد، و میله‌های رابط نیز به دنبالهٔ مَیلهٔ فاق‌دار متصل بودند و نه به خط مرکزی آن (شکل ۸-۲). ولی مهمتر ازاین، یک تلمبهٔ شش‌سیلندر «یکپارچه»[65] است که به وسیلهٔ نیروی آب به حرکت درمی‌آمده

65) monobloc



نمای افقی، برش AA

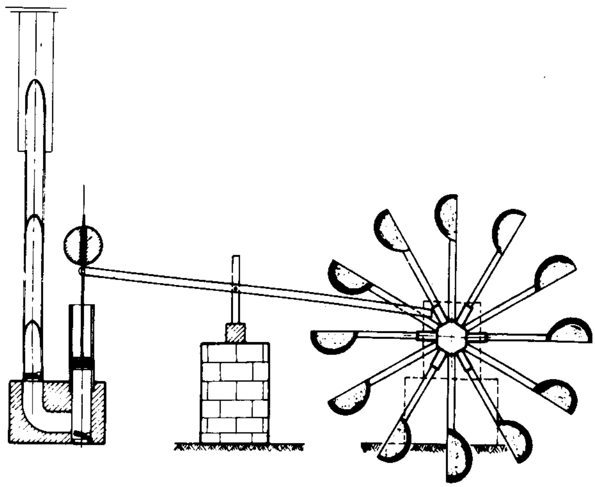


نمای قائم، مقطع BB

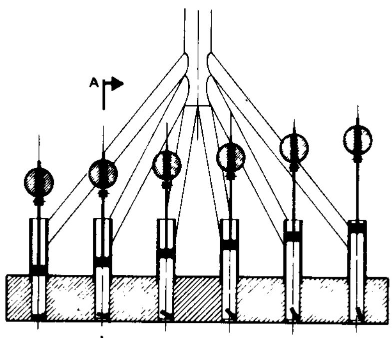
۲-۸ تلمبه با سیلندرهای متقابل به توصیف تقی‌الدین، قرن شانزدهم میلادی/ دهم هجری.

است (شکل ۹-۲). نوعی چرخاب چمچه‌ای روی یک جریان آب معمولی تعبیه می‌شد. میل محور بلند به طور افقی به این چرخ متصل می‌شد که یاتاقانهای آن را روی سکّوهایی استوار می‌کردند. این میل محور دارای شش بادامک بود که به فاصله‌های مساوی در طول آن تعبیه شده بود. در برابر

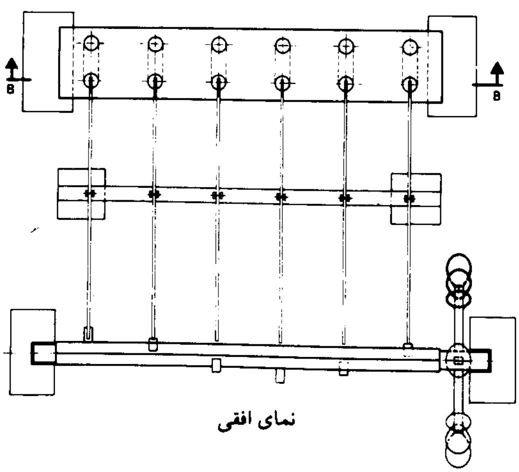
۹-۲ تلمبهٔ پیستونی شش سیلندر یکپارچه، به توصیف تقی‌الدین. این تلمبه با نیروی یک چرخ آب چمچه‌ای کار می‌کرده است. قرن شانزدهم میلادی / دهم هجری.



نمای قائم، مقطع AA



نمای قائم، مقطع BB



نمای افقی

هر بادامک اهرم میله‌ای بلندی قرار داشت که نقطهٔ اتکای آن روی میله‌ای پایه‌دار استوار شده بود و انتهای دیگر آن با میخی به میلهٔ عمودی یک پیستون متصل می‌شد. در انتهای فوقانی میلهٔ پیستون وزنه‌ای سربی نصب کرده بودند و انتهای تحتانی آن به پیستونی متصل بود که به یکی از شش سیلندر که روی یک قطعه الوار بزرگ کار گذاشته شده بودند وارد می‌شد. سیلندرها مستقیماً در آب قرار داشتند و در کف هریک از آنها یک شیر دریچه‌ای یک‌طرفه قرار داشت. مجاری تخلیهٔ آب از کف سیلندرها به طرف بالای دستگاه می‌رفت و در آنجا با همدیگر ارتباط می‌یافتند و به صورت یک لوله خروجی واحد درمی‌آمدند. هنگامی که چرخ آب چمچه‌ای به گردش درمی‌آمد، میل بادامک پیستونها را بالا می‌کشید. سیلندر به حالت مکش درمی‌آمد و آب وارد آنها می‌شد و هنگامی که تأثیر میل بادامک قطع می‌شد وزنهٔ سربی پیشگفته موجب می‌شد که پیستون به سمت پایین بلغزد و آب موجود در سیلندر را از طریق مجرای خروجی تخلیه کند. قابل توجه است که کتاب فوق‌الذکر تقی‌الدین مدتها پیش از کتاب مشهور آگوستینه راملی[۶۶]، ماشینهای بدیع و گوناگون، که به سال ۱۵۸۸ میلادی در پاریس به چاپ رسید انتشار یافته بود.

۲-۲ منابع نیرو (آب و باد)

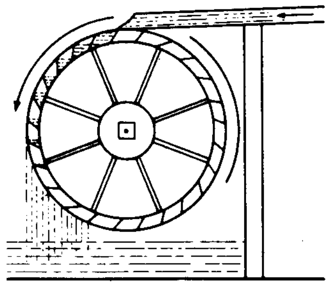
۲-۲-۱ نیروی آب

سه نوع چرخ آب وجود دارد. اول، چرخ آب زیرگرد (شکل ۱۰-۲)، که بیشتر به چرخ آب ویترووویوسی شهرت دارد، چون ویترووویوس[۶۷] بود که برای نخستین بار آن را در کتاب خود توصیف کرد (قرن اول ق.م.). این چرخ آب از نوع تیغه‌ای است که بر یک محور افقی روی جریان آب تعبیه می‌گردد و متناسب با سرعت جریان آب به چرخش درمی‌آید. دوم، چرخ آب روگرد است (شکل ۱۱-۲) که طوقهٔ خارجی آن به محفظه‌هایی آبگیر تقسیم می‌شود. جریان آب از بالا بدانها راه می‌یابد و سنگینی آب محفظه‌ها موجب چرخاندن چرخ می‌شود. در

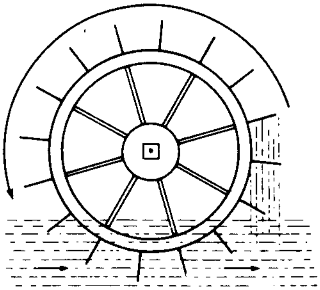
---

66) Agostine Ramelli

67) Vitrovius



۲-۱۰ چرخاب زیرگرد ویترووییوسی. این نوع چرخ در اثر فشار آب روی تیغه‌های قسمت تحتانی چرخ به گردش درمی‌آید.



۲-۱۱ چرخاب روگرد که در اثر فشار آب ریخته‌شده روی پره‌های محیطی چرخ به گردش درمی‌آید.

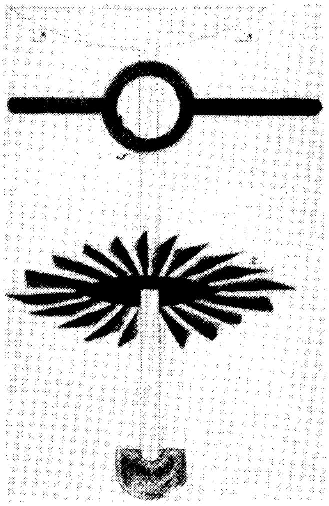
این هر دو مورد، نوعی چرخدندهٔ عمودی روی محور چرخ نصب می‌شود. این چرخدنده با یک چرخدندهٔ افقی درگیر می‌شود. سنگ آسیاب روی محور عمودی دومین چرخدنده نصب می‌شود. سومین نمونهٔ چرخ آب عبارت است از یک چرخ افقی (شکل ۱۲-۲) که تشکیل یافته است از تعدادی ملخ یا پرهٔ شعاعی که همهٔ آنها به صفحه‌ای متصل به یک محور عمودی منتهی می‌شدند. این نوع چرخ به طور معمول در اثر افشانه‌ای از آب که از یک افشانک (یا ژیگلور) به روی پرّه‌ها پاشیده می‌شود به چرخش درمی‌آید. این افشانک معمولاً در پایین ستونی از آب قرار دارد و در اثر وزن ستون آب عمل می‌کند. در قرن هفدهم، این نوع چرخ که «چرخاب لوله‌ای»[۶۸] نامیده می‌شد در اروپا به کار افتاد. در این مورد، چرخ پرّه‌دار در داخل سیلندری قرار داشت که جریانی آبشارگونه از بالا به روی آن ریخته می‌شد. در نخستین نوع، جریان آب ترکیبی از مؤلفه‌های محوری و شعاعی بود. در دومین نوع، جریان آب به طور کلی محوری بود و سنگ آسیاب مستقیماً روی محور چرخ افقی قرار می‌گرفت و چرخدنده‌ای در کار نبود. در اینجا فرصت آن نیست که وارد بَحث منشأ و چگونگی انتشار این سه نوع عمده از چرخابها بشویم ـ خاصه آنکه این مسئله هنوز پاسخ قانع‌کننده‌ای نیافته است. با این وصف، دو نکته مسلم است: نخست

68) tube-wheel

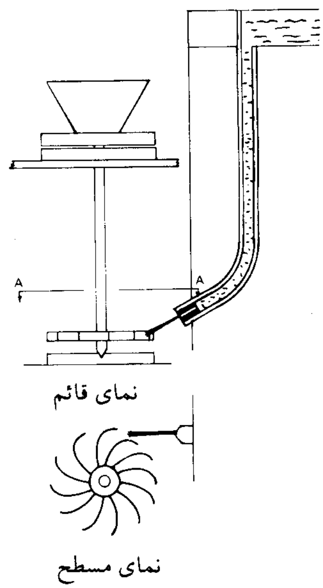
آنکه آسیابهای آبی در تمام سرزمینهایی که بعدها دنیای اسلامی را تشکیل دادند، پیش از ظهور اسلام نیز وجود داشته است، و دوم آنکه سه نوع چرخاب یادشده در قرون وسطای اسلامی کاملاً شناخته شده بود. برادران بنوموسی که در قرن سوم هجری (قرن نهم میلادی) فعالیت داشتند جزئیات نوعی چرخ آب افقی را در یکی از چشمه‌سارها شرح می‌دهند. این چرخ آب به وسیلهٔ افشانه‌هایی عمودی از زیر به حرکت درمی‌آمده و، بنابراین، روشن است که اصل جریان محوری در قلمرو اسلام چیز شناخته‌شده‌ای بوده است. المرادی که در قرن پنجم هجری در اسپانیا فعالیت داشته (قرن یازدهم میلادی) از نوعی چرخاب روگرد سخن به میان می‌آورد، بدون آنکه اشاره‌ای به نو یا تازه بودن آن داشته باشد. جدای از رساله‌های مربوط به ماشینها و دستگاههای مکانیکی، بیشتر جغرافیاشناسان و جهانگردان اشاره‌های فراوانی به انواع آسیابها داشته‌اند ولی به ندرت دربارهٔ چگونگی کار و مکانیسم آنها سخنی به میان آورده‌اند. با اینهمه، می‌توان گفت که چرخابهای زیرگرد عمومیت داشته است. در واقع هم مشکل بتوان تصور کرد که در یک آسیاب شناور (آسیابهای نصب‌شده در قایقهای بزرگ که به وسیلهٔ جریان آب رودخانه‌ها به حرکت درمی‌آمده‌اند) از چرخهایی بجز چرخهای زیرگرد استفاده می‌کرده‌اند. با این‌حال باید توجه داشت که نوع چرخابهای هر منطقه متناسب با شرایط زمینهای اطراف نسبت به رودخانه‌ها، شرایط جریان آب، و نوع مصالح ساختمانی موجود در هر محل بوده است.

مردم سرزمینهای اسلامی به دلایل مختلف توجه فراوانی نسبت به بهره‌برداری از انواع منابع آب برای به‌کار انداختن آسیابها نشان می‌دادند. در قرن چهارم هجری (یازدهم میلادی) در بصره از جنبش دائمی امواج برای به‌حرکت درآوردن آسیابها استفاده می‌کردند، حال آنکه نخستین نمونهٔ موجود از این تکنیک در اروپا زودتر از صد سال بعد دیده نمی‌شود. البته، اغلب آسیابها را در کناره رودخانه‌ها و نهرها، گاه روی پایه‌های پلها بنا می‌کردند تا از سرعت جریان آب حداکثر استفاده را به عمل آورند. آسیابها در تمام سرزمینهای اسلامی از اسپانیا و شمال افریقا تا ماوراءالنهر همه جا دیده می‌شد.

در بسیاری از نقاط آسیابها صرفاً برای تأمین نیازهای جامعهٔ محلی بود و مازاد تولیدی برای صادرات نداشتند و تا اواخر قرون وسطی در اروپا نیز تقریباً



۲-۱۲ نوعی چرخاب افقی که به‌وسیلهٔ الجزری شرح داده شده است. این نوع چرخ در اثر فشار افشانه‌های آب روی پرّه‌های شعاعی چرخ به‌گردش درمی‌آید و سنگ آسیاب را که روی محور عمودی چرخ نصب‌شده به‌حرکت درمی‌آورد. در بالا: تصویری از یک دستنوشتهٔ قرن ۱۳ میلادی، کتابخانه بودولین، آکسفورد. در زیر: نمای قائم و نمای مسطح چرخاب ملخ‌دار.



چنین بود. ولی توسعهٔ شهرنشینی در دنیای اسلامی ایجاب می‌کرد که آسیابهای بزرگتری برای آرد کردن غلات ساخته شود. بدین ترتیب، هفتاد آسیاب نزدیک شهر نیشابور در خراسان فعالیت داشتند، و در جزیرهٔ سیسیل نیز زنجیره‌ای از آسیابها روی رودخانه‌ای در پایین‌دست شهر بندری پالرمو دیده می‌شد. ولی مهمتر از همه رشد سریع عملیات مخصوص به عمل آوردن غلات در بین‌النهرین علیا بود که در واقع انبار غلهٔ بغداد [مرکز خلافت] شمرده می‌شد. بنا بر روایتهایی که در دست است، در قرن چهارم هجری (دهم میلادی) آسیابهای بزرگ و شناوری که از چوب و آهن ساخته می‌شد در آبهای کناره‌ای رودهای دجله و فرات از موصل و رقّه در شمال تا بغداد در جنوب ردیف شده بودند. هر آسیاب دارای دو سنگ چرخان بود که به طور شبانه‌روزی کار می‌کردند و هر روز بالغ بر ۵۰ بار الاغ ذرت تحویل می‌دادند. چنانچه وزن هر بار را تقریباً ۱۰۰ کیلوگرم فرض کنیم، تولید روزانهٔ هر آسیاب را می‌توان بالغ بر ۱۰ تن در روز تخمین زد. فقط سنگ بخصوصی برای آسیابها مناسب است و شهری در تونس سنگهای خاص همهٔ آسیابهای شمال افریقا را می‌ساخت و ناحیهٔ اطراف آمِدْ نیز سنگهای آسیابهای بین‌النهرین علیا و عراق را تأمین می‌کرد. در پاره‌ای از موارد، آسیابها دولتی بودند و در مواردی دیگر دولت فقط از تولیدات آنها مالیات و عوارض می‌گرفت.

کارگاههای کاغذسازی در ۱۳۴ هجری/ ۷۵۱ میلادی به سمرقند راه یافتند و پس از آن به سرعت در بسیاری دیگر از سرزمینهای اسلامی، پا گرفتند. به گفتهٔ ابوریحان بیرونی در سمرقند از پتک‌هایی استفاده می‌کردند که با نیروی آب به حرکت درمی‌آمده است (ر.ک. فصل هفتم). در سوریه و یاتیوا (اسپانیا) نیز از نیروی آب برای آسیابهای مخصوص کاغذسازی استفاده می‌کردند. در بغداد کارگاههای کاغذسازی شناور نیز دیده می‌شد.

حفاریهای باستان‌شناسی سالهای اخیر در اردن بقایای ۳۲ آسیاب آبی را آشکار ساخته است که برای پردازش نیشکر در عهد ایوبیان و مملوکها مورد استفاده قرار می‌گرفتند. آثار مکتوبی در دست است که نشان می‌دهد از نیروی آب برای اره کردن چوب نیز استفاده می‌کردند. در بعضی از ماشینهای الجزری، محور چرخهای آب امتداد می‌یابد و بادامکهایی روی آنها تعبیه می‌شود. این

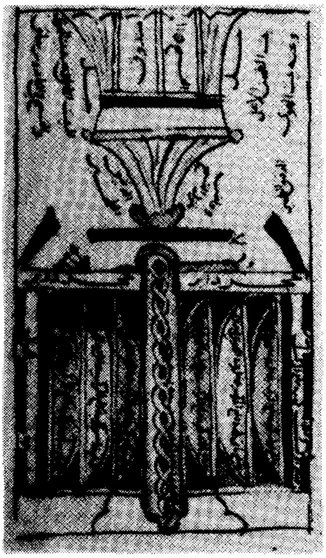
فکر مسلماً از تجربیات او در صنعت آسیاب‌سازی سرچشمه گرفته است. چنانکه گفتیم، ابوریحان بیرونی نیز سخن از چکشهایی گفته است که با نیروی آب به حرکت درمی‌آمده‌اند. برای کوبیدن و خرد کردن کانیهای طلا از آنها استفاده می‌کردند. ولی فقط بررسیها و پژوهشهای وسیعتری به ما امکان خواهد داد تا تشریح کاملتری از آسیابهای صنعتی در جهان اسلام به عمل آوریم.

۲-۲-۲ نیروی باد

به گفتهٔ جوزف نیدهام «تاریخچهٔ آسیای بادی در حقیقت با فرهنگ اسلامی، و در ایران، آغاز می‌گردد.» در کتاب الحیل برادران بنوموسی (که به دستگاههای مکانیکی اختصاص داشت) سخن از آسیای بادی نیز به میان آمده است (قرن سوم هجری/ نهم میلادی). در این کتاب به چرخهای بادی اشاره می‌شود که «مورد استفادهٔ مردم قرار می‌گیرد.»، و در یک قرن بعد، جهانگردان، جغرافیا-شناسان مسلمان به تشریح آسیاهای بادی رایج در سیستان می‌پردازند. شرح تفصیلی یکی از آنها را در کتاب نخبة‌الدهر اثر دمشقی بازمی‌یابیم که تقریباً در سال ۷۰۰ هجری/ ۱۳۰۰ میلادی نوشته شده است (شکل ۱۳-۲، و همچنین شکل ۱۳-۸). از مطالب کتاب چنین برمی‌آید که این نوع آسیاهای بادی از نوع افقی بوده‌اند و در میان دیوارهایی محصور می‌شده‌اند تا باد فقط از یک طرف به سوی آنها بوزد. از این نظر، باد آنها را همچون توربینی به چرخش درمی‌آورده است.

یکی از مورخان تکنولوژی، رابرت فوربز[۶۹]، بر این اعتقاد است که آسیای بادی دورهٔ اسلامی در حقیقت ابتکاری از جانب ایرانیان بوده است برای انطباق چرخ آب افقی با شرایط ویژهٔ مناطقی که فاقد منابع آب کافی ولی در عوض بادخیز بوده‌اند: «این اختراع ایرانیها که در ابتدا فقط مخصوص ایران و افغانستان بود، در قرن دوازدهم به سرتاسر سرزمینهای اسلامی و حتی به خاور دور نیز راه یافت. بعدها آسیای بادی در چین، هند، و سرزمینهای اسلامی به صورت یک منبع مهم انرژی درآمد و نه فقط برای آرد کردن غلات و به کار انداختن تلمبه‌های

69) Robert Forbes



۲-۱۳ مقطع یک آسیای بادی افقی، از یک نسخهٔ دستی کتاب نخبة‌الدهر دمشقی. قرن‌چهاردهم میلادی، کتابخانهٔ ملی، پاریس.

آب بلکه برای خرد کردن نیشکر و دیگر مقاصد نیز به‌کار گرفته می‌شد. استفاده از آسیای بادی برای خرد کردن نیشکر یکی از ویژگیهای صنعت شکرسازی در مصر بود و بعدها از آنجا به هند غربی راه یافت. کارشناسان مصری نیز برای کمک به استقرار نخستین کشتزارهای نیشکر بدانجا فرا خوانده شدند.»

جوزف نیدهام می‌گوید که در قرن شانزدهم میلادی آسیای بادی افقی از سرزمینهای اسلامی به اروپا راه یافت و طرحهای مبتنی بر آن را بخصوص در کتاب ماشینهای جدید[۷۰]، اثر کشیش و مهندسی به نام فاستوس وِرانتیوس[۷۱] (۱۶۱۵) بازمی‌یابیم. نیدهام معتقد است که این انتقال تکنولوژی به اروپا از طریق اسپانیای اسلامی صورت گرفته است. مؤلفان مسلمان از وجود آسیای بادی در تاراگونای دورهٔ اسلامی خبر داده‌اند (برای مثال در کتاب الروضة‌المعطر (کتاب باغهای‌خوشبو)، نوشتهٔ الحمیاری در ۶۶۱ هجری/۱۲۶۲ میلادی. نیدهام به آسیاهای بادی افقی در هند غربی و منشأ اسلامی آنها نیز اشاره می‌کند.

پاره‌ای از صاحبنظران حدس می‌زنند که آسیای بادی عمودی که در اروپا رواج دارد از اختراعات مستقل اروپائیان بوده است. با این‌حال، نیدهام در همان حال که بر ابتکاری بودن آسیاهای بادی قائم در اروپا صحه می‌گذارد، اظهار عقیده می‌کند که همین ابتکار نیز احتمالاً ملهم از آسیاهای بادی رایج در سرزمینهای اسلامی بوده، ولی این امکان هم وجود دارد که از پره‌های بادی[۷۲] هرون اسکندرانی یا از چرخابهای افقی و عمودی منشأ گرفته باشد.

۲-۳ ساعت آبی و ساعتهای مکانیکی

۲-۳-۱ ساعت آبی

ساده‌ترین ساعت‌آبی از نوع «آبدزدک»[۷۳] به‌احتمال زیاد در حدود ۱۵۰۰ ق.م. در مصر اختراع شده‌است. این‌ساعت نوعی ظرف قیف‌مانند بود که سوراخ ریزی در انتهای باریک آن وجود داشت. با خروج تدریجی آب از این سوراخ، سطح آب

---

70) Machinae Novae
71) Faustus Verantius
72) anemourion
73) clepsydra

در قسمت بالای ظرف پایین می‌آمد و همین امر وسیله‌ای بود برای اندازه‌گیری گذشت زمان. نوع کاملتری از این ساعت آبی که بعدها ابداع شد عبارت بود از یک ظرف فوقانی با یک سوراخ ریز برای خروج آب، یک ورودی ثابت آب به درون ظرف مذکور و یک ظرف سیلندرمانند در زیر ظرف فوقانی که سرریز آب ظرف بالایی به آن ریخته می‌شد. از آنجا که سطح آب در ظرف بالایی همواره ثابت نگاه داشته می‌شد، آب ظرف پایینی با سرعت ثابتی بالا می‌رفت. ویتروویوس انواع گوناگونی از این نوع اخیر ساعت آبی را برمی‌شمرد که برای محاسبات نجومی و دستگاههای خودکار مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفتند. این نوع ساعت آبی تقریباً در ۲۰۰ ق.م. به چین راه یافت و تا اواخر قرون وسطی به صورت روشی استاندارد برای سنجش گذشت زمان باقی ماند. با این وصف، اوج دستاوردهای چین در زمینهٔ وقت‌شناسی، ساعت آبی مشهوری بود که در پایان قرن یازدهم میلادی به دست سوسونگ ساخته شد. این ساعت به وسیلهٔ چرخابی که قطر آن به ۳ متر می‌رسید کار می‌کرد. سرعت گردش این چرخ به وسیلهٔ نوعی چرخ دنگ زیرکانه کنترل می‌شد که گردش چرخ را فقط با گامهایی دقیق و مساوی ممکن می‌ساخت. به وسیلهٔ چرخدنده‌های گوناگونی که با این چرخاب به حرکت درمی‌آمدند، به طور همزمان وضع فلکهای گوناگون کرهٔ سماوی نسبت به نقاط مرجع نشان داده می‌شد و همچنین دستگاههای خودکار دیگری برای انجام عملیات مختلف به کار می‌افتادند. با این‌حال، منبع الهام ساعتهای آبی دورهٔ اسلامی را باید در ترکیبی از ابتکارات و اندیشه‌های ایرانی، یونانی، و هلنیستی جست‌وجو کرد. رضوان می‌گوید ارشمیدس بود که برای نخستین بار ساختار مکانیکی مخصوص ساعت را، همراه با دستگاهی برای پرتاب منظم گلوله‌هایی از منقار یک پرنده برای نشان دادن گذشت زمان، اختراع کرد. این طرح پایه، در ایران دورهٔ ساسانیان با اضافاتی بهبود یافت و، سپس، این طرح تغییر یافته و نسبتاً جدید به بیزانس (روم شرقی) منتقل شد. سنت ساخت این نوع ساعت در سوریه دورهٔ اسلامی ادامه یافت. این نظریهٔ رضوان با شواهد و مدارک گوناگونی به تأیید رسیده است. پروکوپیوس از ساعت آبی جالب توجهی سخن می‌گوید که در قرن ششم میلادی در غزّه ساخته شده بود، ولی متأسفانه توصیفی از جزئیات ساختاری آن به دست نمی‌دهد، و یک قرن بعد نیز

یک گزارش چینی از نوعی ساعت آبی قپانی در انطاکیه خبر می‌دهد (این ساعت، دستگاهی بود که دز آن نوعی ترازوی قپانی گذشت زمان را نشان می‌داد. برای توضیحات بیشتر به صفحهٔ بعدی مراجعه فرمایید.).

علاوه بر این، رساله‌ای در دست داریم که منحصراً به زبان عربی است ولی آن را منسوب به ارشمیدس می‌دانند. مطالب این رساله در حقیقت ملغمه‌ای از ابتکارات و طرحهای ایرانی، یونانی و بیزانسی است، هرچند دو بخش نخستین آن که طرز استفاده از دستگاههای چرخابی و چگونگی خروج گلوله‌ای از منقار پرندهٔ تزئینی ساعتهای آبی را شرح می‌دهد به احتمال قوی از نوشته‌های خود ارشمیدس است. این رساله را ابن‌ندیم مورد اشاره قرار داده و، بعد از او، رضوان و الجزری نیز به عنوان مأخذ از آن یاد کرده‌اند. با تمام این احوال، در مورد منشأ اسلامی ساعت آبی نباید زیاد تأکید ورزید. ساعتهای آبی الجزری از نظر اهمیت و میزان ابتکاری که در آنها به کار رفته کاملاً در پس انواع ساعتهای آبی شناخته‌شده‌ای قرار می‌گیرد که پیش از ظهور اسلام وجود داشته، و در هر حال حتی در طی دورهٔ اسلامی نیز انواع درخشان‌تری از آنها ابداع شده بود. تذکره‌ای در دست است که به موجب آن بعضی از امیران تابع هارون‌الرشید ساعت آبی بسیار پیشرفته و ظریفی به شارلمانی اهدا کرده بودند، و این هم مسلم است که دانشمند مشهور، ابن‌هیثم، نیز ساعت آبی جالب توجهی ساخته بود (وفات، ۴۳۰ هجری/ ۱۰۹۳ میلادی). ولی قدیمی‌ترین نوشتهٔ عربی که راجع به ساعت آبی در دست داریم، همان مطالبی است که المرادی، ساکن اسپانیا در قرن پنجم هجری (یازدهم میلادی)، در مورد ماشینهای مکانیکی گوناگون به نگارش درآورده است. متأسفانه، تنها نسخهٔ موجود از این اثر چنان آسیب‌دیده که به دقت نمی‌توان دریافت ساعتهای مورد اشارهٔ او چگونه کار می‌کرده است. ولی تردیدی نیست که نیروی محرکهٔ این ساعت آبدزدکی از طریق مجرای خروجی بزرگی مجهز به سیفونهای متحدالمرکز تأمین می‌شده است. این نیرو به وسیلهٔ مکانیسمهای پیچیده‌ای مرکب از چرخدنده‌های ناقص و تدویری و کاربرد جیوه به عناصر و اجزای خودکار دستگاه منتقل می‌گردد. این جزئیات از ویژگیهای قابل توجهی برخوردارند، چه برای نخستین بار نمونه‌هایی از جعبه‌دنده‌های پیچیده‌ای را به دست می‌دهند که نیروی گردانندهٔ زیادی تولید می‌کنند، حال

آنکه استفاده از جیوه در ساعتهای اروپایی زودتر از قرن هفتم هجری/ سیزدهم میلادی به بعد دیده نمی‌شود.

در قرن پنجم هجری (یازدهم میلادی)، زرقالی نیز دو ساعت آبی بزرگ در کناره‌های رود تاگوس در تولیدو (اسپانیا) ساخته بود. این ساعتها عبارت بودند از دو ظرف بزرگ که وقتی ماه رو به حالت بدر می‌رفت به تدریج از آب پر می‌شدند و هنگامی که ماه رو به محاق می‌رفت آب آنها به تدریج خالی می‌شد. زمانی که مسیحیان شهر تولیدو را فتح کردند (۴۷۸ هجری/ ۱۰۸۵ میلادی) این ساعتها هنوز کار می‌کردند و یکی از آنها حتی تا پنجاه سال بعد هم کار می‌کرد. خازنی اثر بزرگ خود دربارهٔ فیزیک، کتاب میزان‌الحکمه، را در ۵۱۵ هجری (۲-۱۱۲۱ میلادی) تکمیل کرد. هشت رسالهٔ این کتاب به تشریح دو نوع ساعت آبدزدکی قپانی اختصاص داشت. نوع اصلی که میزان جهانی[۷۴] نامیده می‌شد، برای کار ۲۴ ساعته طراحی شده بود، و تشکیل می‌یافت از یک شاهین آهنی که به وسیلهٔ یک تکیه‌گاه به دو بازوی مساوی تقسیم شده بود. نوعی ساعت آبدزدکی مجهز به سیفون به انتهای بازوی کوتاهتر آویزان بود، و دو وزنهٔ قابل جابه‌جایی، یکی بزرگ و دیگری کوچک، نیز به انتهای بازوی بلندتر که درجه‌بندی شده بود آویخته بودند. وقتی آب از محفظهٔ ساعت تخلیه می‌شد، وزنه‌ها در امتداد بازوی بلندتر قپان جابه‌جا می‌شدند تا تعادل شاهین را حفظ کنند. بنابراین، در هر موقع از روز می‌توانستند ساعت را از روی محل وزنهٔ بزرگتر و دقیقه‌ها را از روی محل وزنهٔ کوچکتر تعیین کنند.

محمد ساعتی، در میانهٔ قرن ششم هجری (قرن دوازده میلادی) در محل دروازهٔ جیرون در دمشق ساعت بزرگی ساخته بود که جزئیات آن را پسرش، رضوان، در رساله‌ای تشریح کرده است (۶۰۰ هجری/ ۱۲۰۳ میلادی). این ساعت شبیه به ساعتی بود که الجزری در فصل نخست کتاب خود شرح می‌دهد، ولی رضوان (و، بنابراین، پدرش) در قیاس با الجزری شانس زیادی نداشته‌اند. ولی این را نباید غیرمنصفانه دانست، چون طرح الجزری بهتر است، توضیحاتش روشن‌تر است، و تصویرهایش برتر. با این‌حال، دستگاه محمد

74) Universal Balance

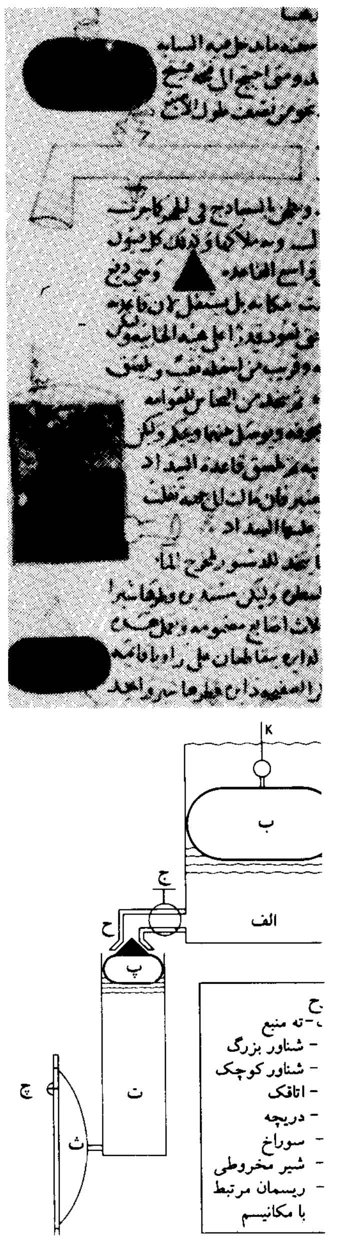
ساعتی نیز کار مهندسی تمیزی بود و رسالهٔ پسرش نیز حاوی توضیحاتی است که آنها را نمی‌توان در کتاب الجزری یافت. الجزری مهندس پخته و باتجربه‌ای بود که چندان اهمیتی به ذکر جزئیات نمی‌داد، چون فکر می‌کرد که این مطالب را همه می‌دانند، حال آنکه رضوان، به دلیل آنکه خود فردی غیرمتخصص بود در رساله‌اش تمام جزئیات ساختاری دستگاهها را به دقت شرح می‌داد.

رسالهٔ الجزری مهمترین سندی است که تمام ماشینها و دستگاههای مکانیکی را، صرفنظر از منشأ فرهنگی آنها، از قدیمی‌ترین ایام تا زمان رنسانس ترسیم می‌نماید و شرح می‌دهد. بنابراین، در چارچوب کتاب حاضر، فرصت آن نیست که حتی بخشی از مطالب او را نقل کنیم. به همین دلیل در اینجا تنها به توصیف یک نوع از دستگاههای آبی او قناعت می‌ورزیم:

شکل ۱۴-۲ نمایشگر نوعی شیر یا سوپاپ تنظیم جریان آب است که در ساعتهای شرح‌داده‌شده در فصلهای اول و دوم از مقولهٔ نخست کتاب الجزری گنجانده بودند. این شیر تنظیم در واقع ملهم از ساعت «ارشمیدس» بود و طرز کار آن را می‌توان به شرح زیر توضیح داد: در طلوع صبح (یا غروب آفتاب) دریچهٔ «ث» را باز می‌کردند و آب از طریق نوعی شیر مخروطی‌شکل «ح» به درون اتاقک «ت» راه می‌یافت. شناور «پ» بالا می‌آمد و به طور موقت شیر «چ» را می‌بست. آب از اتاقک «ت» به درون تنظیم‌کنندهٔ «ث» جریان می‌یافت و شیر مخروطی‌شکل به طور موقت باز می‌شد و جریان بر همین روال ادامه می‌یافت. بنابراین سطح آب همواره در اتاقک «ت» از طریق نوعی کنترل بازخوردی ثابت می‌ماند و خروج آب از اتاقک تغییری در آن به وجود نمی‌آورد. این تنظیم جریان آب ضروری بود چون ساعت آبی مورد بحث گذشت زمان را در مقاطع ثابت (یعنی ساعت به ساعت) نشان می‌داد، بدین معنا که ساعات روزانه و شبانه را به ۱۲ قسمت کرده بودند تا «ساعات» شبانه‌روز را که طول آنها به علت تغییرات جاری طول نسبی روزها و شبها نسبت به یکدیگر رَوز به روز تغییر می‌کرد، مشخص و معین نمایند. این امر در عمل به معنای آن بود که میزان جریان آب، و بنابراین سطح آب را می‌بایست روز به روز تغییر داد. سوراخ ریز «ج» روی صفحه‌ای ایجاد شده بود که می‌توانست در داخل یک حلقه بچرخد. این حلقه نیز خود برحسب صورتهای فلکی دایرةالبروج تقسیم‌بندی شده بود و

هریک از این صورتهای فلکی [دوازده‌گانه] نیز درجه‌بندی خاص خود را داشت. در هر روز معین عقربه‌ای را در امتداد شعاع روزنهٔ «ج» رو به درجهٔ معینی میزان می‌کردند. درجه‌بندی این حلقه کاری طاقت‌فرسا بود که با روشهای تجربی صورت می‌گرفت، و در ساعتهای «ارشمیدس» و محمد ساعتی این درجه‌بندیها کاملاً غیردقیق بود. ریسمان «ح»، متصل به شناور «ب» در بعضی از موارد برای به‌کار انداختن دستگاه مورد استفاده قرار می‌گرفت، ولی در بعضی دیگر آبی که از روزنه خارج می‌شد دستگاه را به کار می‌انداخت.

ساعتهای الجزری حاوی فوت و فن‌های بسیاری است که اهمیت آنها از نظر طراحی ماشین بر کسی پوشیده نیست. بدون آنکه مدعی ارائه فهرستی جامع در این زمینه باشیم، در اینجا تنها چند نمونه از گویاترین آنها را ذکر می‌کنیم: کالیبربندی دقیق روزنه‌های ریز، روشهای کنترل بازخوردی، استفاده از مدلهای کاغذی برای کار روی طرحهای پیچیده، حفظ توازن استاتیک چرخها، ورقه ورقه کردن چوبها و الوارها برای به‌حداقل رساندن امکان تاب برداشتن و از شکل افتادن آنها، لولاهای یکسویه، دلوهای کج‌شونده، و غیره. به همهٔ اینها باید چرخدنده‌های پیچیده و کاربرد جیوه در ساعتهای المرادی را نیز اضافه کرد. این موضوع اخیر حائز اهمیت است چون سخن از ساعت وزنه‌ای با چرخ دنگ جیوه‌ای برای نخستین بار در کتاب شمشیر[75] به میان آید که در سال ۱۲۷۷ میلادی در دربار آلفونسوی دهم پادشاه کاستیل نوشته شده و در حقیقت ترجمه و تفسیری از آثار نوشته‌شده به زبان عربی بود.



۲-۱۴ شیر تنظیم برای یکی از ساعتهای آبی الجزری. بالا، طرح اجزای شیر، از یک نسخهٔ دستنویس قرن سیزدهم میلادی/ هفتم هجری. کتابخانهٔ بادلین، آکسفورد. پایین، نمودار شیر تنظیم.

ساعتهای مکانیکی

برخی از نوشته‌های تقی‌الدین مربوط به تعیین وقت است و یکی از آنها، درخشان‌ترین ستارگان برای ساختن ساعتهای مکانیکی[76]، که در حدود ۱۵۶۵ میلادی نوشته شده به وسیلهٔ انتشارات اسویم تکلی[77]، با ترجمهٔ ترکی و

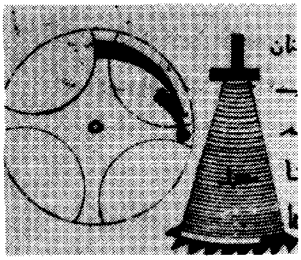
---

75) Libros del Saber

76) The Brightest Stars for the Construction of Mechanical Clocks

77) Swim Tekli

انگلیسی به چاپ رسیده است. در این کتاب، وی ساختار نوعی ساعت وزنه‌ای را شرح می‌دهد که مجهز به چرخ دنگ دارای شیطانک، مجموعه‌ای از چرخدنده‌های شگفتی‌آفرین، زنگ، و نموداری از اهلّهٔ ماه است. وی همچنین به تشریح ساختار نوعی ساعت فنری با سیلندر مخروطی می‌پردازد (شکل ۲-۱۵). افزون بر اینها، وی به توصیف چند نمونه از اختراعهای خویش می‌پردازد که از آن‌جمله می‌توان به سیستم جدیدی برای زنگ ساعت اشاره کرد. تقی‌الدین ظاهراً ساعت خاصی برای رصدخانه ساخته بود و در نوشته‌هایش از نوعی ساعت جیبی در ترکیه نیز سخن می‌گوید. در اروپا، ساعت وزنه‌ای زودتر از ۱۳۰۰ میلادی پدید نیامد، و ساعت فنری نیز در حدود ۱۴۳۰ ساخته شد. ساختن ساعت در آلمان از تقریباً ۱۵۲۵ و در انگلستان از حدود ۱۵۸۰ شروع شد. شرح و بسطهای تقی‌الدین بسیار روشن و روان است. تصاویر گویایی آنها را همراهی می‌کند و همهٔ اینها حاکی از آن است که وی فن ساعت‌سازی را بخوبی مهار کرده بود. با این‌حال، ساعت‌سازی در شرق به صورت صنعتی بومی درنیامد و حتی خود ترکیه نیز بزودی در معرض هجوم ساعتهای ارزان‌قیمت ساخت اروپا قرار گرفت. تقی‌الدین نیز شخصاً تحت تأثیر قیمت ارزان ساعتهای اروپایی قرار گرفت و در مورد ساعتهایی که از هلند، فرانسه، مجارستان و آلمان به ترکیه وارد می‌شد تفاسیری ارائه داده است.



۲-۱۵ طرحی از نوعی ساعت مکانیکی فنری با مخروط تعدیل‌کنندهٔ نیروی فنر، از یک دستنوشتهٔ تقی‌الدین، قرن شانزدهم میلادی، کتابخانهٔ بادلین، آکسفورد.

۲-۴ دستگاههای خودکار ، آب‌نماها و بازیچه‌های مکانیکی

کلمهٔ عربی حِیَل [حیله‌ها] که در برابر واژهٔ مکانیک به‌کار می‌رود عملاً همهٔ انواع ماشینها را از بازیچه‌های کوچک گرفته تا دستگاههای عظیم قلعه‌گیری شامل می‌گردد. با این وصف، در بخش حاضر ما فقط به دستگاه و آلات و ادواتی می‌پردازیم که برای تفریح و سرگرمی یا به عنوان وسایل تزئینی ساخته می‌شدند. محافل درباری در اسلام معمولاً به تشویق و حمایت از نویسندگان و دانشمندان می‌پرداختند، ولی از توجه به مهندسان و صنعتگران نیز غافل نمی‌ماندند و شواهد تاریخی نشان می‌دهد که بسیاری از مهندسان و مبتکران در

جامعهٔ شهری به پایگاههای بلندی رسیده بودند. بسیاری از ساخته‌های این مهندسان را می‌توان به دلیل ابتذال مردود یا بیهوده شمرد، ولی حداقل چهار عامل عمده موجب می‌شود که چنین نگرشی را ملاک قضاوت قرار ندهیم: نخست، در دنیای اسلامی طبقهٔ مرفهی می‌زیست که به دستگاههای مکانیکی پیچیده و جالب توجه علاقه نشان می‌داد. دوم، مهندسان و سازندگان این دستگاهها کار خود را واقعاً جدّی می‌گرفتند. سوم، بسیاری از ابتکارها و اجزای به‌کاررفته در این‌گونه دستگاهها نقش مهمی در توسعهٔ تکنولوژی جدید ماشینهای افزار داشته‌اند. چهارم، علاقهٔ مهندسان دورهٔ اسلامی به توصیف ماشینهای تفریحی بدیع و ابتکارآمیز به معنای عدم علاقهٔ آنان به کاربرد مهارتهایشان برای مقاصد مفید نیست. در بخشهای آینده نشان خواهیم داد که در این اظهارنظر به خطا نرفته‌ایم. با این وصف، باید این نکتهٔ مهم را بپذیریم که در تمام کتابهای عربی مربوط به مهندسی مکانیک هیچ مهندسی به تشریح دستگاههای مورد استفاده در کارهای جاری زندگی عادی روزانه نپرداخته است. آنان بیشتر به ضبط و وصف اختراعات بدیع و غیرمعمول علاقه‌مند بوده‌اند.

تا اینجا اشارتی به کارهای المرادی و الجزری داشته‌ایم که هر دو به توصیف ساختار و طرز کار دستگاههای بدیع و بی‌سابقه پرداخته‌اند (به بخشهای بعدی مراجعه کنید). یکی دیگر از کارهای مهم در همین زمینه، هشت فصل از مفاتیح‌العلوم (کلیدهای دانش) ابوعبدالله خوارزمی است که در قرن چهارم هجری (دهم میلادی) نوشته شده. این اثر در واقع نوعی دایرةالمعارف فنی است که نام و ریشه‌های لغوی آلات و ادوات گوناگونی را همراه با اطلاعاتی دربارهٔ طرز ساخت و کاربرد آنها به دست می‌دهد. ولی بدون اغراق می‌توان گفت که مهمترین کاری که در زمینهٔ مورد بحث صورت گرفته همانهایی است که برادران بنوموسی انجام داده‌اند. کارهای آنها و آثار اخلافشان بی‌گمان از نوشته‌های دوران هلنیستی، به ویژه کارهای فیلون و هرون اسکندرانی الهام گرفته است، خاصه آنکه کتابهای مؤلفان اخیر که در قرن سوم هجری (نهم میلادی) به زبان عربی ترجمه شده بود. با این‌حال، کتاب برادران بنوموسی ـ کتاب الحیل ـ حاوی پیشرفتهای محسوسی نسبت به آثار دوران هلنیستی است. این پیشرفتها

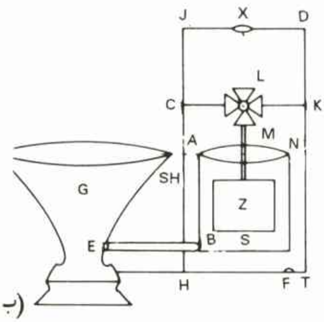
را بخصوص می‌توان در کاربرد تغییرات و ظرافتهای قابل توجهی در زمینهٔ فشار هوا و فشار آب، و همچنین در استفاده‌های گوناگون از شیرهای یکطرفهٔ مخروطی برای تنظیم خودکار جریان آب در دستگاههای مختلف مشاهده کرد. به‌واقع، کتاب آنان قدیمی‌ترین سندی است که ما از کاربرد اطمینان‌بخش این نوع شیرها به عنوان آلت تنظیم خودکار در دست داریم. یکی دیگر از نوآوریهای مهم عبارت بود از سیفونهای مضاعف هم‌محور. خاصیت چنین دستگاههایی آن است که اگر جریان آب قطع شود، جریان مجدد آن امکان نخواهد داشت چون سیفون نوعی قفل هوای مصنوعی[۷۸] به وجود می‌آورد در نسخهٔ موجود از کتاب الحیل، ۱۰۳ دستگاه یا آلت مختلف وجود دارد که ۹۳ تای آنها بدون تردید از نوآوریهای خود برادران بنوموسی است و از میان اینها ۸۲ تایشان ظرفها و محفظه‌هایی با خواص گوناگون است و ۶ تایشان هم آب‌نماها و آب‌فشانهای بدیع و رنگارنگ. ظرفها دارای خواص متنوع و شگفت‌آوری هستند. برای مثال، لوله‌های سه‌راهی را می‌توان ذکر کرد که جریان آب از آنها به خارج وقتی قطع می‌گردد دیگر از سر گرفته نمی‌شود. یا به ظرفهای دیگری می‌توان اشاره کرد که وقتی مقدار کمی مایع از آنها برداشته شود، به طور خودکار، دوباره پُر می‌شوند، ولی وقتی مقدار زیادی مایع از آنها برداشته شود، دیگر پُر نمی‌شوند. یا ظرفهایی که می‌توان مخلوطی از دو مایع مختلف را در آنها ریخت، ولی هنگامی که شیر خروجی ظرف را باز می‌کنیم و مایع‌ها به طور جداگانه از آن خارج می‌شوند. در اینجا، فرصت آن نیست که حتی خلاصه‌ای از سیستمهای مختلف مورد استفادهٔ آنان در این‌گونه نوآوریها به دست دهیم، چون آنان مجموعه‌ای مرکب از تقریباً ۱۵ آلت یا دستگاه مختلف در اختیار داشتند که کاربردهای گوناگون آنها می‌توانستند عملکردهای مورد نظر را به دست آورند. این آلتها یا دستگاهها شامل وسایلی بودند مانند سیفونهای هم‌محور ساده و مضاعف، سیفونهای متشکل از لولهٔ خمیده، شیرهای مخروطی، انواع قفل هوا، انواع ترازوها، قرقرهٔ تسمه (پولی)، چرخدنده‌ها، چرخابها و «توربین»های بادی بسیار کوچک، شناورها و میل‌لنگهای گوناگون. ولی میل‌لنگهای آنها یک گردش

---

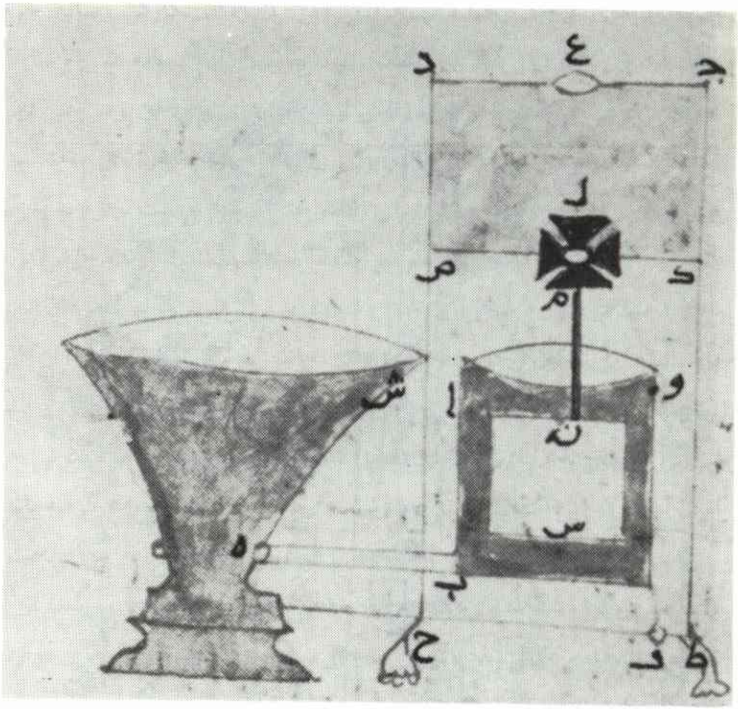
78) artificial air-lock

کامل انجام نمی‌داد و قدرتهای چندان زیادی را هم منتقل نمی‌کرد. با این وصف، آنها را می‌توان نخستین نمونه‌های میل‌لنگهای دستی دانست. شکل ۱۶-۲ نمایشگر طرحی از یک ظرف «خودپُرشو» و طرز کار آن است. محفظهٔ JDHT (ج د ح ط) به وَسیلهٔ صفحهٔ افقی CK (یا ص ک) به دو بخش تقسیم می‌شود. در مرکز این صفحه سوراخی وجود دارد که یک لولهٔ برنزی به آن لحیم شده که هر دو انتهای آن دارای نشیمنگاهی برای شیر مخروطی است. میلهٔ این شیرها که در انتهای بالایی خود حامل درپوش L (ل) و در انتهای پائینی خود دارای درپوش M (م) است از میان لوله می‌گذرد. سر دیگر میله به شناور Z (ذ) لحیم شده که در مخزن S (س) قرار دارد. یک سوراخ هوای ناپیدا نیز در F (ف) وجود دارد. لولهٔ BE (ب هـ) ته مخزن S (س) را به ته ظرف خارجی G (ش) مرتبط می‌سازد. مخزن TDCK (ج د ص ک) را در حالی که شیر L بسته است، با آب پر می‌کنیم. چند لیتر آب به درون ظرف G می‌ریزیم که از طریق لولهٔ BE به داخل مخزن S جریان می‌یابد. شناور Z بالا می‌رود، شیر L باز می‌شود، و مایع به داخل مخزن S و از طریق لولهٔ BE به درون ظرف G جریان می‌یابد. این جریان آنقدر ادامه می‌یابد تا شناور Z به حدی بالا برود که شیر M را ببندد. حال، اگر مقدارکمی آب از ظرف G برداریم، مخزن S و ظرف G ازطریق شیر M دوباره پر می‌شوند. ولی اگر مقدار زیادی آب به‌یکباره از ظرف G برداشته شود، شیر L بسته می‌شود و ظرف G دیگر پر نمی‌شود. این در واقع قدیمی‌ترین نمونه‌ای است که از شیر دوکاره در اختیار داریم.

هریک از دستگاههای برادران بنوموسی نوعی وسیلهٔ خودکار است. نویسندگان دیگر از دستگاههای خودکار و متحرک دیگری یاد می‌کنند که به طور کلی شبیه به دستگاههایی است که در ساعتهای آبی به‌کار می‌رفته است، ولی متأسفانه زمان ابداع یا اختراع آنها را به دقت ذکر نمی‌کنند. پنج دستگاهی که المرادی در ابتدای کتاب خود شرح می‌دهد از همین نوع است. نیروی محرکهٔ این دستگاهها به وسیلهٔ چرخابهایی از نوع روگرد یا زیرگرد تأمین می‌شود. المرادی توصیه می‌کند که وقتی جریان آب چندان شدید نیست از چرخابهای روگرد استفاده شود. شکل ۱۷-۲، عکسی است از یکی از طرحهای المرادی: دایره‌های متحدالمرکز سمت چپ تصویر نموداری از چرخاب است. این طرح برای مدل

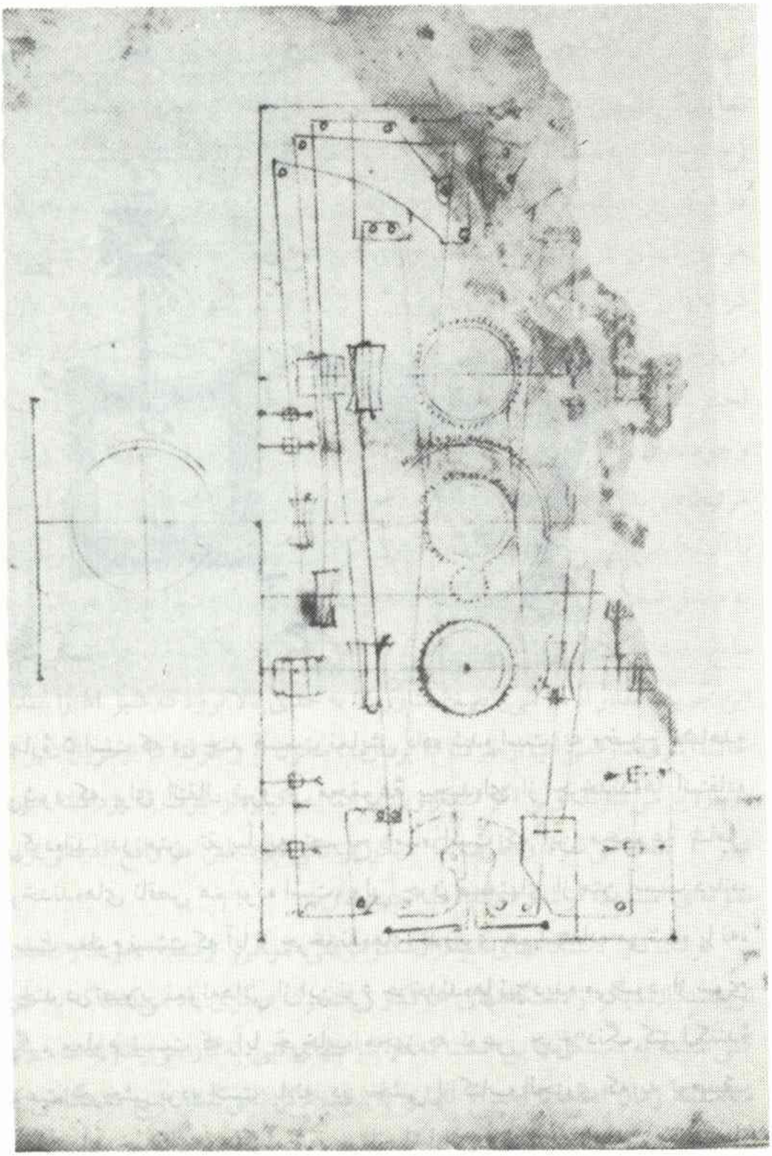


(ب



۲-۱۶ طرح یک مخزن «خود-پُرشو» از کتاب الحیل برادران بنوموسی. راست،تصویری از یک نسخهٔ دستنویس. قرن نهم میلادی (سوم هجری). موزهٔ سرای توپ‌قاپو، استانبول. بالا، نمودار همان طرح.

شمارهٔ ۵ است که در چند قسمت نمایش داده شده است. به وضوح مشاهده می‌شود که برای انتقال نیرو از مجموعهٔ پیچیده‌ای از چرخدنده‌ها استفاده می‌کرده‌اند. در متن تقریباً به تصریح آمده است که این مجموعه شامل چرخدنده‌های ناقص هم بوده است، ولی چون قسمتهای از متن آسیب دیده، درست معلوم نیست که آیا از چرخدنده‌های تدویری هم استفاده می‌شده یا نه، هرچند در تصویر نمونه‌هایی از این نوع چرخدنده‌ها نیز دیده می‌شود. از سوی دیگر، معلوم نیست که آیا چرخاب مجهز به نوعی چرخ دنگ کنترل‌کنندهٔ سرعت چرخش بوده است یا نه. در بخشی از کتاب الجزری که به توصیف دستگاههای خودکار موسیقیایی می‌پردازد اشاراتی وجود دارد مبنی بر این‌که از وجود چنین مکانیسم‌هایی باخبر بوده است. این پنج دستگاه اولیهٔ المرادی از نظر تاریخ تکنولوژی مکانیکی حائز اهمیت است. تردیدی نیست که قدیمی‌ترین نمونهٔ شناخته‌شده از چرخدنده‌های واقعاً پیچیده همان است که در یک دستگاه مخصوص محاسبات نجومی متعلق به سال ۸۰ ق.م. نزدیک جزیرهٔ



۲-۱۷ طرح کلی پنجمین مدل المرادی که نشان‌دهندهٔ مجموعهٔ پیچیده‌ای از چرخدنده‌هاست. نیروی محرکهٔ اصلی به وسیلهٔ چرخابی که در سمت چپ تصویر دیده می‌شود تأمین می‌شده است. قرن یازدهم میلادی، کتابخانهٔ لورنزیانا مدیچی، فلورانس.

یونانی آنتی‌کوترا[۷۹] کشف شده است. ولی این چرخدنده نیروی زیادی را منتقل نمی‌کرد، حال آنکه چرخدنده‌های المرادی می‌بایست نیروهای پیچشی زیادی را از چرخاب منتقل کنند. افزون بر این، نخستین مورد شناخته‌شده از کاربرد

79) Antikythera

چرخدنده‌های واقعاً پیچیده در غرب زودتر از زمان نگارش رسالهٔ جووانی دی دوندی[80] (۱۳۶۵ میلادی) آشکار نشد. موضوع این رساله تشریح ساختار و عملکرد نوعی ساعت نجومی وزنه‌ای از ساخته‌های خود او بود. یکی دیگر از نکات بسیار مهم، کاربرد چرخابها برای به‌راه انداختن ماشینهای مختلف بود. همین روش، با چرخ‌دنگ مؤثر، برای راه‌انداختن نوعی ساعت نجوم به کار گرفته شده بود که در چین به وسیلهٔ سوسونگ ساخته شد. این سازندهٔ چینی در سال ۱۰۹۰ میلادی به‌اوج شکوفایی‌خود رسید و بدین‌ترتیب تقریباً همزمان المرادی بود. البته این امکان وجود دارد که در هر دو مورد، سازندگان یادشده از کارهای پیشینیان الهام گرفته باشند. در حال حاضر، نمی‌توان پذیرفت که طرح و اندیشهٔ این کار از چین به دنیای اسلامی منتقل شده باشد. شواهد موجود کنونی حاکی از آن است که این انتقال می‌توانسته است از هر دو طرف صورت گرفته باشد.

دستگاههای بالابرندهٔ آب و ساعتهای الجزری را پیش از این مورد بحث قرار داده‌ایم. دیگر دستگاههای کتاب او شامل آلات و ادواتی می‌شد از قبیل توزیع‌کننده‌ها، وسایل اندازه‌گیری مخصوص خون‌گیری، آب‌نماها و فواره‌های خودکار، و دستگاههای متنوع دیگر. دستورالعملهای گام به گام برای ساختن و سوار کردن دستگاهها و همچنین توجه زیاد به جزئیات ساختاری آنها اطلاعات مشروحی در مورد مهارتهای مهندسان مکانیک در سرزمینهای اسلامی به دست می‌دهد. لوله‌کشیهای موجود در دستگاهها و ماشینهای خودکار اغلب شبیه به کارهای برادران بنوموسی است، ولی با تکیهٔ بیشتر به انتقال مکانیکی و هیدرولیکی مایعات و توجه کمتر به استفاده‌های ظریفانه از تغییرات فشار. یکی از ویژگیهای این نوع دستگاهها، کاربرد شیرهای چندراهه و شیرهای یکطرفه با لوله‌های آب مایل است. در نوعی سبوی دسته‌دار برای گرم نگاه داشتن مایعات، مخزن داخلی را با دو ورقهٔ مسی که به وسیلهٔ هوا از یکدیگر جدا می‌شدند می‌پوشاندند ـ ابتکاری که آشکارا می‌توان آن را جدّ «فلاسک»های امروزین دانست. برای اندازه‌گیری مقدار خون خارج‌شده از بدن به هنگام خون‌گیری، دستگاه مربوطه را طوری ساخته بودند که خون وارد استوانه‌ای می‌شد که دارای

---

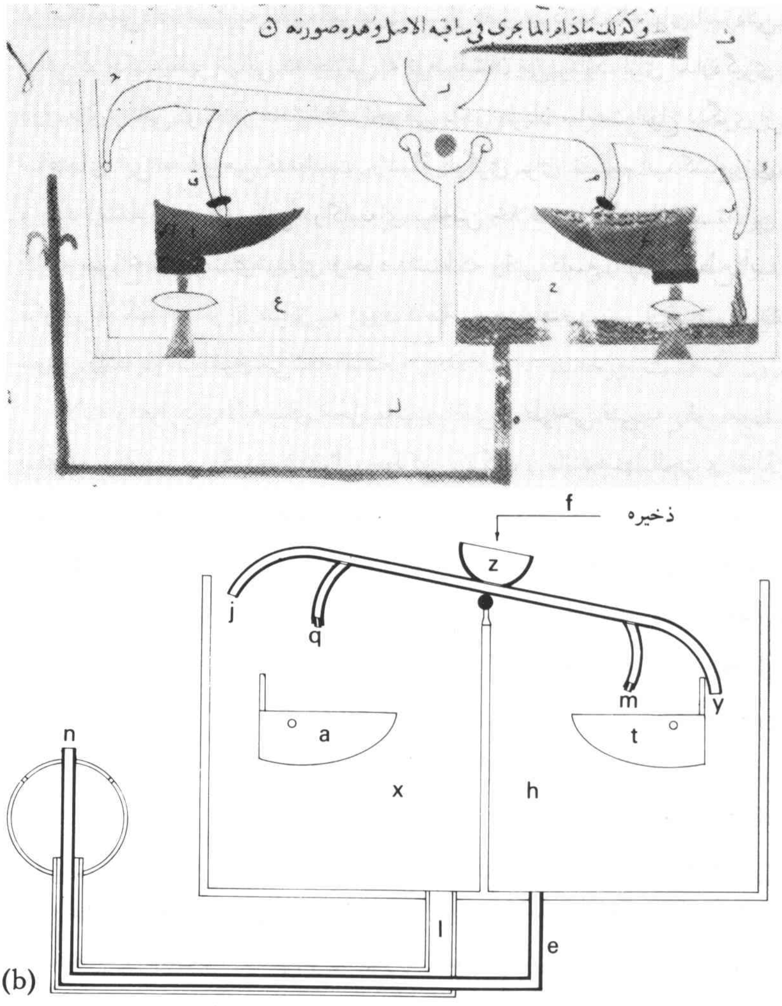
80) Giovanni di'Dondi

یک شناور بود. هنگامی که شناور در استوانه بالا می‌رفت، عقربه‌ای را روی یک صفحهٔ درجه‌بندی‌شده به حرکت درمی‌آورد. بدین ترتیب مقدار خونی که از بدن دفع شده بود در روی صفحهٔ مدرج نشان داده می‌شد. استوانهٔ مذکور را می‌توانستند برای پاک کردن و شستن از جای خود درآورند و دوباره آن را جا بیندازند. آب‌نماها و فواره‌ها و دستگاههای موسیقیایی خودکار همه بر همین اساس کار می‌کردند. شکل ۱۸-۲ نمونه‌ای از این نوع دستگاهها را نشان می‌دهد:

آب جاری f به قیف z که روی لولهٔ jy تعبیه شده می‌ریزد. لوله به حالت تعادل روی تکیه‌گاهی قرار گرفته است. انتهای j آن به درون مخزن x و انتهای y آن به درون مخزن h باز می‌شود. لوله‌های کوچک q و m به ترتیب درون محفظه‌های نوسان‌یابندهٔ a و t باز می‌شوند. لولهٔ گشادتر l از ته مخزن x به چشمه‌ای منتهی می‌شود که دارای چند فواره است. لولهٔ باریک e از ته مخزن h شروع می‌شود و از میان لولهٔ l و چشمهٔ انتهایی آن می‌گذرد تا اندکی بالاتر از خروجی فواره‌ها متوقف گردد. هنگامی که لولهٔ jy آب خود را به داخل مخزن h تخلیه کند، آب از طریق لولهٔ e جریان می‌یابد و به صورت تک‌فوارهٔ n بیرون می‌جهد. وقتی محفظهٔ نوسان‌یابندهٔ t پس از یک ساعت پر از آب شد به سمت عقب کج می‌شود و زائدهٔ انتهایی آن لولهٔ jy را به سوی مخزن x متمایل می‌سازد. اینک آب از چند فواره به هوا می‌جهد. وقتی محفظهٔ a پر شد، به سمت عقب کج می‌شود و زائدهٔ انتهایی آن لولهٔ jy را از نو به سمت مخزن h متمایل می‌سازد، به طوری که آب از y سرازیر می‌گردد، مخزن h پر می‌شود و تک‌فواره از نو به جهش درمی‌آید. کل این جریانها از نو تکرار می‌شود و تا هنگامی که جریان اصلی آب قطع نشده باشد ادامه می‌یابد.

۲-۵ افزارسازی

در این بخش تجهیزات نجومی خاص رصدها و محاسبات مربوطه در مرکز توجه ما قرار خواهد داشت، ولی لازم می‌دانیم که پیش از ورود به مطلب یک یا دو وسیلهٔ دیگر را مورد اشاره قرار دهیم. مهمترین این وسایل ترازوست. اثر مشهور خازنی، کتاب میزان‌الحکمه، که پیشتر هم گفتیم در اوایل قرن ششم



۲-۱۸ آب‌نما با فواره‌های متناوب به روایت الجزری. **بالا**، طرحی از یک نسخه کتاب دستنویس قرن سیزدهم میلادی. کتابخانه بادلین، آکسفورد. **پایین**، نمودار همان طرح.

هجری (دوازدهم میلادی) نوشته شده، به منزلهٔ رفیع‌ترین قلهٔ مهارتهای دنیای اسلامی در زمینهٔ ساخت و کاربرد انواع ترازوهایی است که نه تنها برای تعیین وزن مخصوص و وزن مطلق اجسام بلکه برای تشخیص و تعیین وزن هریک از مواد ترکیب‌شده در آلیاژها به کار می‌رفته است. کارهای خازنی بر اساس نوشته‌های ارشمیدس و ابوریحان بیرونی (وفات، بعد از ۴۴۲ هجری/ ۱۰۵۰ میلادی) استوار بود و از تعدادی ترازوهای اختصاصی یاد می‌کند که به شخص

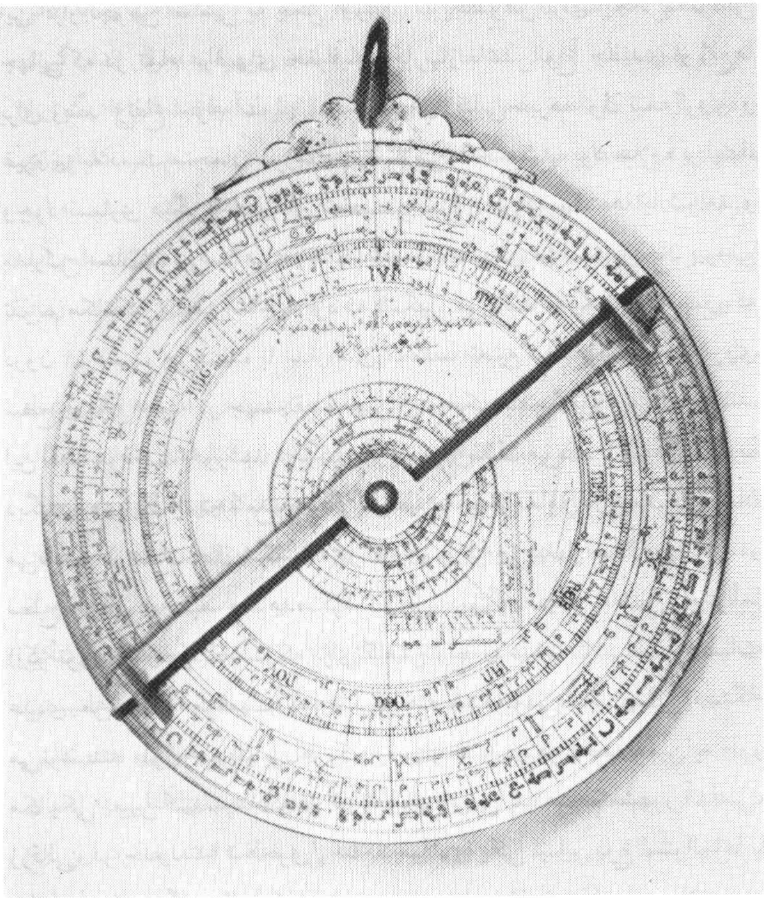
او امکان می‌داده است به اندازه‌گیریهایی بسیار دقیق بپردازد. ساعتهای آبدزدکیِ قپانی کوچک، نظیر آنهایی که خازنی به توصیفشان می‌پردازد، برای اندازه‌گیری دوره‌های زمانی کوتاه در محاسبات نجومی یا در جریان ساخت انواع دیگری از ساعتهای آبی به‌کار می‌رفته است. وسیلهٔ دیگری برای تقسیم آب کشاورزی وجود داشته که به طور کلی در کاسه‌ای برنجین خلاصه می‌شده است. ته این کاسه سوراخ کالیبربندی‌شده‌ای وجود داشته که وقتی کاسه را روی سطح آب قرار می‌داده‌اند آب از آن طریق به درون کاسه راه می‌یافته و پس از مدت زمان معینی کاسه در آب غرق می‌شده است.

آلات و افزارهای لازم برای محاسبات ریاضی و طراحی فنی به وفور مورد استفاده بوده است ـ گونیا، شاغول، خط‌کش، پرگار، و مانند اینها. الجزری نقالهٔ خاصی برای تعیین مرکز سه نقطهٔ مختلف از یک سطح کروی ابداع کرده بود.

حتی در همان قرنهای دوم و سوم هجری (هشتم و نهم میلادی) منجمان سرزمینهای اسلامی رساله‌هایی در باب آلات و ادوات نجومی همچون ذات‌الحَلَق، اسطرلاب تخت یا مسطح (شکل ۱۹-۲)، اسطرلاب کروی (شکل ۲۰-۲)، و ساعت آفتابی نگاشته بودند. همهٔ این آلات و افزارها منشأ هلنیستی داشت. ولی بعضی از همین رساله‌های قرنهای اول اسلامی حاوی جدولهایی بود برای ترسیم منحنی‌هایی روی اسطرلابها یا روی ساعتهای آفتابی به نحوی که بتوان از آنها برای رصد از عرضهای جغرافیایی مختلف استفاده کرد. این نوع جدولها توسعه و تکاملی صرفاً اسلامی در زمینهٔ علم نجوم بود. اسطرلاب صفحه‌ای یا تخت ـ که می‌توان آن را نه فقط نخستین کامپیوتر آنالوگ بلکه وسیلهٔ ارزشمندی برای رصدهای نجومی دانست ـ پراهمیت‌ترین افزار نجومی موجود پیش از اختراع آلات و افزارهای امروزین محسوب می‌شد، و هنوز هم برای تعلیم اصول اساسی نجوم کروی به کار می‌رود. به وسیلهٔ این افزار می‌توانستند زمانهای طلوع و غروب، و نقاط اوج و حضیض خورشید و دیگر ستارگان را تعیین کنند یا، برعکس، موقعیت اجرام آسمانی را در هر ساعت معین پیدا کنند. اسطرلاب که برای مقاصد گوناگون دیگری هم به‌کار می‌رفت به وسیلهٔ صنعتکاران، دانشمندان و منجمان ساخته می‌شد و در بسیاری از موارد نام سازنده را نیز روی آن حک می‌کردند. پژوهشگران اسلامی تغییرات زیادی در

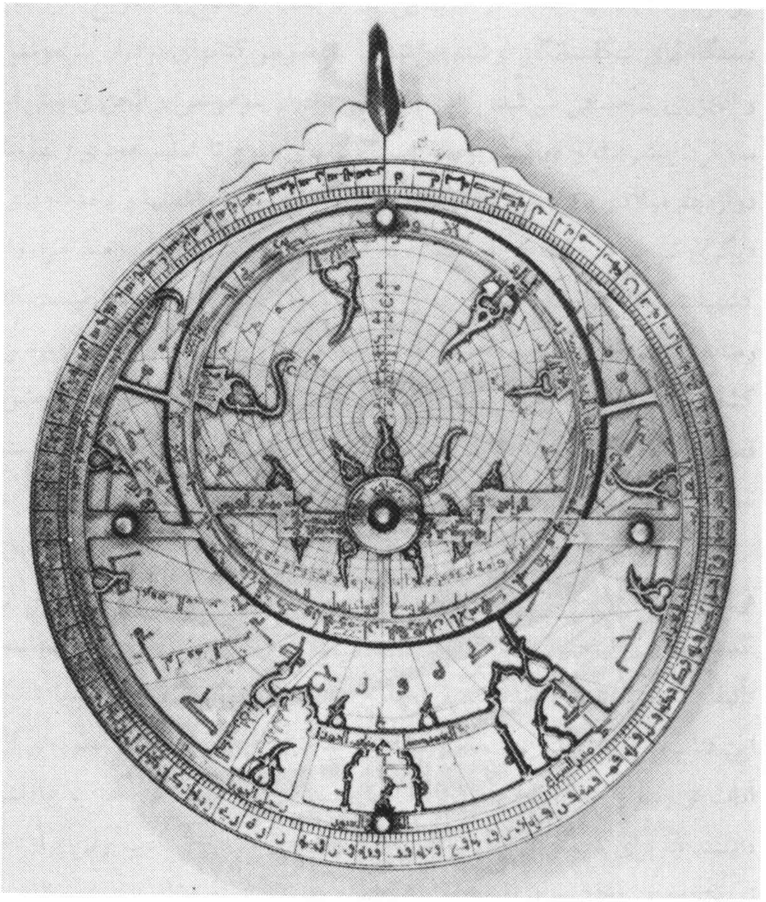
این افزار نجومی اساسی به عمل آوردند ـ بخصوص برای ایجاد اسطرلابی جهانی که در تمام عرضهای جغرافیایی کارساز باشد. انواع جدیدی از رُبعها برای رصد ارتفاع اجرام آسمانی، و ساعتهای آفتابی غیرمعمول نیمه‌کروی و غیره نیز به دست منجمان سرزمینهای اسلامی ساخته شده بود. علاوه بر اینها، وجود بسیاری دیگر از افزارهای تخصصی نیز از طریق نوشته‌ها یا شواهد و مدارک باستان‌شناسی یا هر دو مسلم شده است. برای مثال، ابوریحان بیرونی تقویم مکانیکی بدیعی ساخته بود که تشکیل می‌یافت از یک جعبهٔ مدور که درون آن هشت چرخدنده با اندازه‌های مختلف تعبیه شده بود. عقربه‌ای روی سطح فوقانی جعبه در جهت نقطهٔ معین روی یک صفحهٔ مدرج میزان می‌شد. این نقطه موقعیت خورشید در یک روز معین را نشان می‌داد. با این کار، عقربهٔ دیگری روی یک صفحهٔ مدرج دیگر موقعیت نجومی ماه را در همان روز نشان می‌داد، و در همان حال شکل ماه در آن روز را نیز می‌شد از خلال روزنه‌ای در سطح فوقانی جعبه مشاهده کرد. نوعی دستگاه دیگر به نام اُستوانَما (اکوآتوریوم) وجود داشت که برای کاهش رنج و عذاب ناشی از محاسبات عددی مربوط به موقعیت سیارات ساخته شده بود. به یاری این دستگاه می‌توانستند طول جغرافیایی هریک از سیارات را در هر لحظهٔ معین به طور مکانیکی تعیین کنند. چنان‌که از آثار تاریخی برمی‌آید، منجم مشهور آندلسی، زرقالی، در حدود ۴۴۲ هجری/ ۱۰۵۰ میلادی یکی از این نوع استوانماها را ساخته بود. دستگاه جالبی که در قرن هشتم هجری (قرن چهاردهم میلادی) در سوریه به وسیلهٔ منجم مشهور ابن‌شاطر ساخته شده در کتابخانهٔ اوقاف حلب حفظ شده است. این دستگاه عبارت است از دو ساعت آفتابی جهانی، یکی قطبی، دیگری استوایی. این نوع اخیر برای اندازه‌گیری زاویهٔ روز (زاویهٔ غربی بین نصف‌النهار و یک جسم آسمانی) خورشید و دیگر ستارگان به‌کار می‌رفت. رسالهٔ مهمی که در قرن هفتم هجری (قرن سیزدهم میلادی) به وسیلهٔ ابوعلی مراکشی، منجم اهل قاهره، نوشته شده، چکیده‌ای از آلات و افزارهای نجومی سرزمینهای اسلامی به دست می‌دهد.

یکی از مهمترین مشارکتهای اسلام در مطالعات نجومی ایجاد رصدخانه‌های بزرگ و مجهزی بود که انواع وسایل و لوازم و افزارهای علمی



۲-۱۹ یک اسطرلاب صفحه‌ای یا تخت، ساخته‌شده در تولیدو (اسپانیا) در ۱۰۶۸ میلادی. چپ، روی اسطرلاب. راست، پشت اسطرلاب. موزهٔ تاریخ علم، آکسفورد.

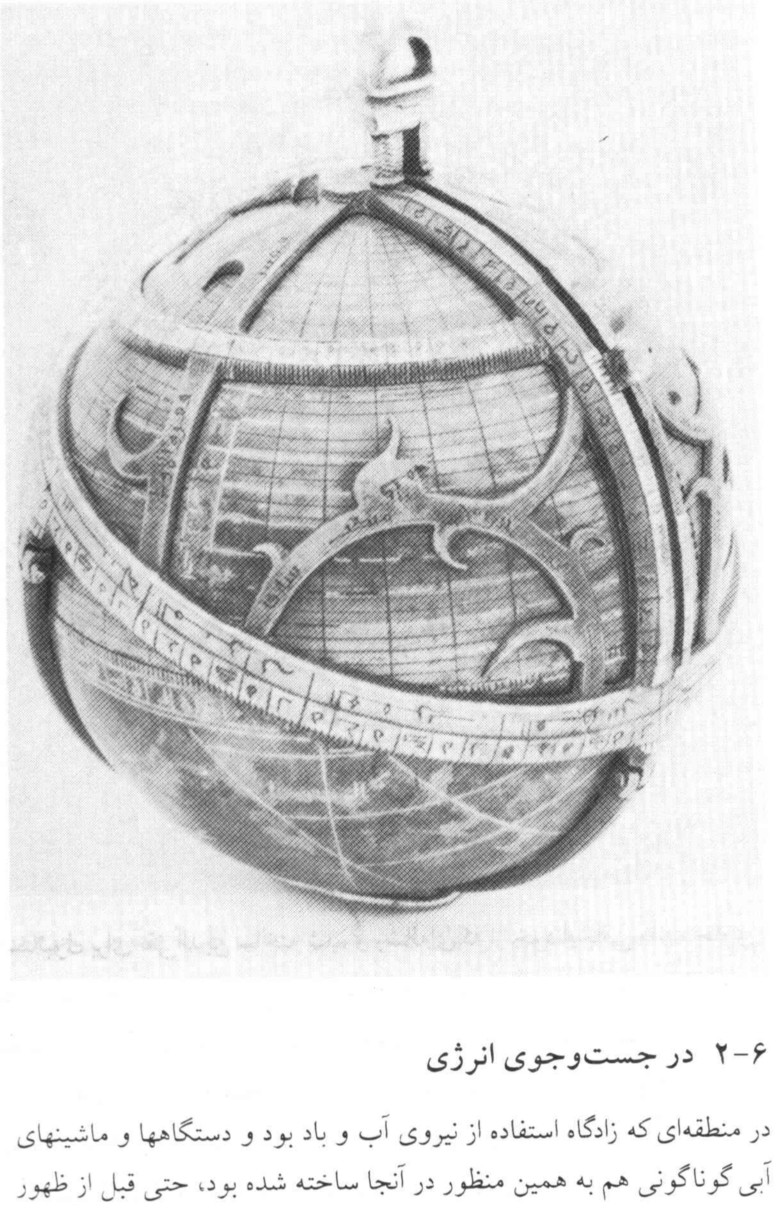
زمانه را در خود داشتند. پیشرفتهای چشمگیری در باب نظریهٔ عمومی نجوم در رصدخانهٔ مراغه صورت گرفت که به همت خواجه نصیرالدین طوسی در ۶۵۷ هجری/ ۱۲۵۹ میلادی پایه‌گذاری شد. (چنان‌که پیشتر هم اشاره کردیم، نصیرالدین طوسی که تغییراتْ ارزشمندی در نظام نجومی بطلمیوس به عمل آورد.) رساله‌ای در شرح کلیهٔ افزارها و وسایل موجود در رصدخانه به دست مؤید دینوردی نوشته شده بود (که اینک به چاپ رسیده است). کار طوسی در تبریز و دمشق ادامه یافت ولی مشهورترین مقلد او اُلُغ‌بیک بود که در سال ۸۲۳ هجری/ ۱۴۳۰ میلادی، رصدخانهٔ بزرگی در سمرقند بنیان نهاد. آخرین رصدخانهٔ مهم اسلامی بین سالهای ۵-۹۸۳ هجری/ ۷-۱۵۷۵ میلادی، در



استانبول برای تقی‌الدین ساخته شد، و رساله‌ای که از خود او باقی مانده حاوی فهرست مفصلی از تجهیزات این رصدخانه است. بسیاری از وسایل و لوازم و بعضی از ویژگیهای سازمانی رصدخانه‌های مشهور مراغه، سمرقند، و استانبول در دو رصدخانه‌ای که منجم دانمارکی، تیکوبراهه[۸۱] زیر نامهای اورانیبورگ[۸۲] (۱۵۷۶ میلادی) و استیِرن‌بورگ[۸۳] (۱۵۸۴ میلادی) در جزیرهٔ وِن[۸۴] واقع در تنگهٔ بین دانمارک و سوئد ساخت، به چشم می‌خورد.

---

81) Tyco Brahe 82) Uraniborg 83) Stjerneborg
84) Ven



۲-۲۰ یک اسطرلاب کروی ساخته‌شده در شرق اسلامی، از جنس برنج و نقره. اواخر قرن پانزدهم میلادی، موزهٔ تاریخ علم، آکسفورد.

۲-۶ در جست‌وجوی انرژی

در منطقه‌ای که زادگاه استفاده از نیروی آب و باد بود و دستگاهها و ماشینهای آبی گوناگونی هم به همین منظور در آنجا ساخته شده بود، حتی قبل از ظهور اسلام نیز توجه زیادی به ابداع دستگاهها و وسایل زیرکانه مبذول می‌داشتند. این فعالیت با ظهور و گسترش تمدن اسلامی به اوج خود رسید و چرخابها به صورت جزء تفکیک‌ناپذیری از فرهنگ اسلامی درآمد. پیشتر توضیح دادیم که

این‌گونه دستگاهها بیشتر در کتابهایی که به قصد توضیح و تشریح طرز کار دستگاههای شگفت‌انگیز نوشته می‌شد ـ بخصوص کتابهای برادران بنوموسی و الجزری ـ معرفی می‌شد. با این‌حال، بین برادران بنوموسی و الجزری بیش از سه قرن پیشرفت و فعالیت فاصله است (قرنهای سوم تا ششم هجری/ نهم تا دوازدهم میلادی). تردیدی نیست که در این فاصله حتماً ماشینها و دستگاههای دیگری نیز در این منطقه پدید آمده که ما از آنها بی‌خبریم، ولی امید می‌رود کشفیات آینده این حفرهٔ تاریک در تاریخ تکنولوژی را پر کند. تردیدی نیست که رسالهٔ المرادی (قرن پنجم هجری/ قرن یازدهم میلادی) می‌تواند یکی از همین کشفیات نویدبخش باشد، البته اگر نسخهٔ کاملی از آن به دست آید. ما همچنین فصلی از یک کتاب دربارهٔ چرخابها در دست داریم که تاکنون حداقل هشت نسخهٔ آن کشف شده و تا حدی می‌تواند انتظارات ما را برآوَرَد.

این فصل بخشی از یک کتاب مرتبط با مسائل نظامی بوده است به نام الحیل فی الحرب و فتح المدائن و حفظ الدروب (فنون جنگ و تسخیر شهرها و محافظت از گذرگاهها). این کتاب ظاهراً در همان زمانی که الجزری کتاب خود را می‌نوشته تألیف شده است. نویسندهٔ کتاب نامعلوم است. بیشتر نسخه‌های فصل یادشدهٔ این کتاب را به اسکندر کبیر منسوب داشته‌اند، ولی این را فقط باید نمونه‌ای از آداب و رسوم حاکم بر چنین تألیفاتی دانست، چه نویسندگان عرب عادت داشتند که برای مهمتر نشان دادن آثار خود آنها را به مؤلفانی کاذب ولی پرآوازه نسبت دهند. فصل مربوط به چرخابها مسلماً به وسیلهٔ مؤلف رسالهٔ نظامی نوشته نشده و می‌توان حدس زد که از روی یک متن اصیل جداگانه نسخه‌برداری شده که نویسندهٔ آن در حال حاضر برای ما ناشناخته است. با این‌حال می‌توان گفت که تاریخ نگارش این کتاب بین قرنهای سوم و ششم هجری (نهم تا دوازدهم میلادی) بوده است. یکی از ویژگیهای این فصل در آن است که از نوریاهای معمولی یا از چرخابهای مجهز به دلوهای زنجیره‌ای سخنی به میان نمی‌آورد. این نوع چرخابهای معمولی از دید الجزری و تقی‌الدین هم پنهان مانده است چون توجه این مؤلفان بیشتر معطوف به نوآوریها و ابتکارات بعدی بوده است. چرخابهای معمولی در زمان آنها دیگر توجه کسی را جلب نمی‌کرده است.

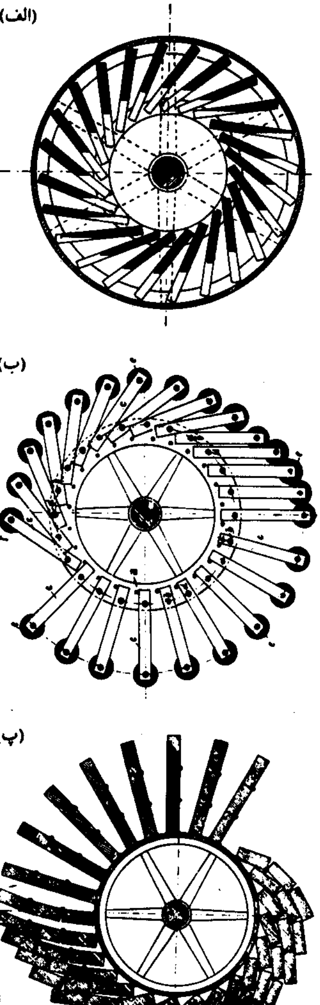
چنانچه همهٔ نسخه‌های موجود را به طور کلی در نظر بگیریم، حداقل از شانزده دستگاه یا ماشین سخن به میان می‌آورند که نه فقط با چرخابهای معمولی بلکه با دستگاههای آب‌بالاکِش الجزری و تقی‌الدین نیز تفاوت دارند. هدف عمدهٔ مؤلف گمنام این بوده است که در طرحهای خود انرژی ورودی را به حداقل ممکن برساند و دلیل این مدعا هم آن است که شش نوع از این ماشینها به طور پیوسته در حرکت‌اند. ولی هر شانزده ماشین وصف‌شده از یک نگرش و یک انگیزهٔ مشترک پیروی می‌کنند و، بنابراین، در هرگونه بررسی یا تحقیق جدّی آنها را باید به عنوان یک مجموعهٔ واحد در نظر گرفت و مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.

در قیاس با کتابهای برادران بنوموسی، المرادی، رضوان، الجزری، و تقی‌الدین که همه دارای تصویرهایی روشن و قابل بررسی هستند، تصاویر فصل گمنام تقریباً نامفهوم و درک‌ناشدنی به نظر می‌رسند. این امر مسلماً به دلیل آن است که نسخه‌بردارها اطلاعی از موضوع نداشته‌اند و، مزید بر این، شش قرن فاصله نسخهٔ اصلی را از رونویسی‌هایی که به دست ما رسیده جدا می‌کند. بدین ترتیب، روشن است که در نسخه‌برداریهای متعدد به وسیلهٔ کاتبانی ناآشنا به مسائل فنی و تخصصی، انحرافها و اشتباهاتی در طرحها و تصویرها راه می‌یابد. برای آنکه انحرافها و تغییرات ترسیمی به حدّی برسد که تصویرها تقریباً غیرقابل درک گردد، لازم می‌آید که آخرین نسخهٔ موجود بازماندهٔ تغییراتی پیاپی باشد که به وسیلهٔ نسخه‌برداران گوناگون به تصویرها تحمیل شده است.

استفاده از حرکت دائمی یکی از روشهای طبیعی و معمول در تکنولوژی اسلامی بوده است، و نشان از وسواس خاص دارد که در کاربرد انرژی موجود به‌کار می‌بستند. در هند، بهاسکارا در ۱۱۵۰ میلادی چرخابی با حرکت مداوم را توصیف می‌نماید که شبیه به یکی از شش چرخاب دستنویسهای عربی یادشده است. توصیف فنی شانزده نوع ماشین مورد بحث به زبان عربی دقیق و حساب‌شده است و، چنانکه گفتیم، همهٔ آنها از اصول مشترکی پیروی می‌کنند. بنابراین، وجود یک یا دو ماشین دارای حرکت مداوم در متن هندی یادشده لزوماً بدان معنا نیست که انتقالی از یک فرهنگ به فرهنگ دیگر رخ داده است، ولی انتقال به سوی غرب قطعی به نظر می‌رسد و جای شک و تردیدی باقی

نمی‌گذارد. واقعیت این است که چرخابهای دارای حرکت مداوم تا اوایل قرن حاضر نیز مورد توجه دانشمندان و مهندسان غربی بود. در عمل، موضوع به قدری جدی گرفته می‌شد که کنجکاوی بعضی شخصیتهای برجسته و حتی دولتها را نیز برمی‌انگیخت.

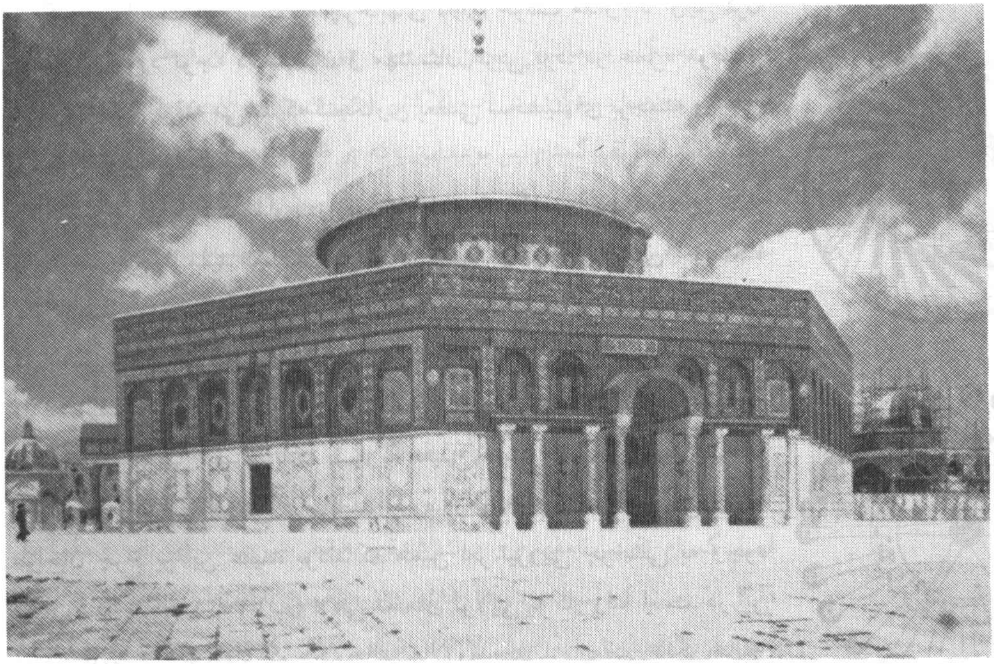
ماشین دارای حرکت مداوم در واقع به معنای دستگاهی است که بدون منبع نیروی خارجی کار مفید انجام می‌دهد و، در بعضی از موارد، داده‌های[۸۵] دستگاه بیش از سِتانده‌های[۸۶] آن است. شکل ۲۱-۲ نمایشگر سه نوع دستگاه از همین‌گونه است که در متون فنی عربی‌زبان به شرح و بسط آنها پرداخته‌اند. در شکل ۲۱-۲ (الف)، لوله‌های بسته به طور ناکامل از جیوه پر شده‌اند. لوله‌ها نسبت به مرکز چرخ شعاعی نیستند بلکه با زاویهٔ معینی نسبت به شعاع تعبیه شده‌اند. هنگامی که چرخ به گردش درمی‌آید، جیوه در لوله‌ها بالا و پایین می‌رود، و طراحان چرخ بر این عقیده بودند که همین امر نیرویی چرخشی به وجود می‌آورد در شکل ۲۱-۲ (ب) نوعی تخماق لولایی به کار رفته است. در این شکل بعضی از تخماقهای کوچک حالتی بالارونده دارند و بعضی دیگر حالتی پایین‌رونده و، بنابراین نوعی عدم تعادل یکطرفه در دستگاه ایجاد می‌شود که ظاهراً چرخ را به طور دائم در حال گردش نگاه می‌دارد. در شکل ۲۱-۲ (ب) بازوها از قطعات جداگانه ساخته شده‌اند و هنگامی که چرخ به گردش درمی‌آید، بازوها به یکدیگر نزدیک شده، در اطراف چرخ تاب برمی‌دارند و در یک طرف به هم می‌پیچند و در طرف دیگر به حالت کشیده درمی‌آیند. همین امر موجب عدم تعادلی می‌شود که ظاهراً به چرخش مداوم دستگاه منجر می‌گردد. این‌گونه طرحها تا دوره‌های نسبتاً اخیر نیز در اروپا مورد توجه قرار داشت، و تازه در حدود صد سال پیش بود که این اصل آخری به وسیلهٔ جرج لیپتون در انگلستان به‌کار گرفته شد.

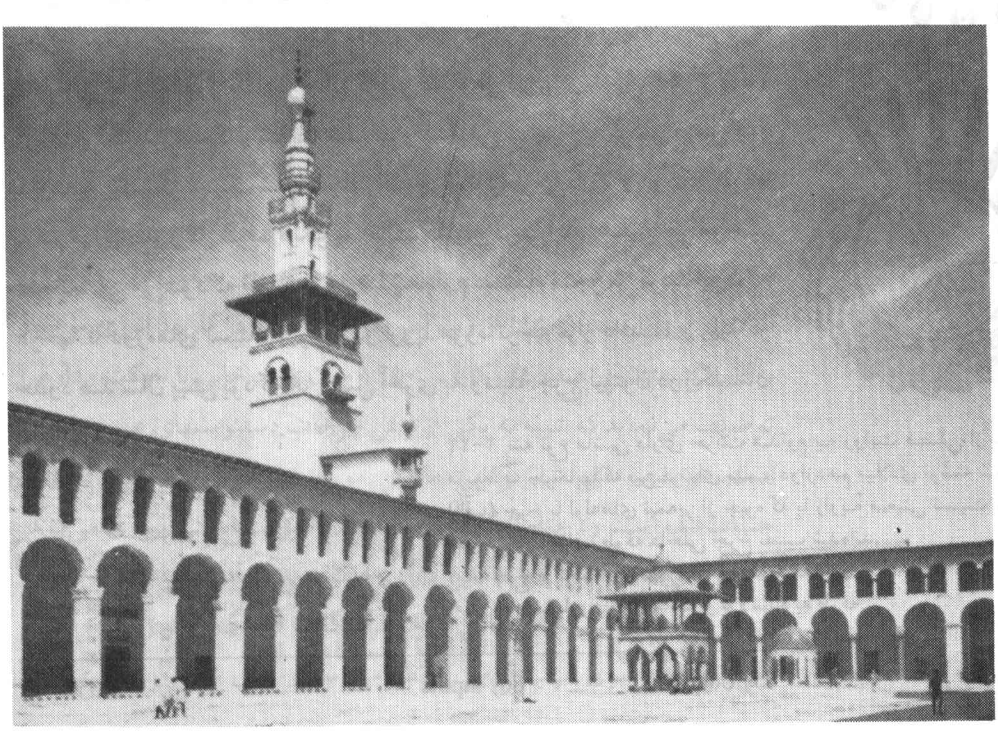


۲۱-۲ سه نوع ماشین دارای حرکت مداوم به روایت فصلی از یک کتاب مربوط به چرخابها که بین قرنهای نهم و دوازدهم میلادی نوشته شده است.
(الف) چرخ با لوله‌های نیمه‌پر از جیوه که با زاویهٔ معینی نسبت به جهت شعاعی در اطراف طوقهٔ داخلی چرخ نصب شده‌اند.
(ب) چرخ با تخماق لولایی در اطراف طوقه.
(پ) چرخ با بازوهای چندتکه و لولاشده به طوقه.

---

85) outputs 86) inputs





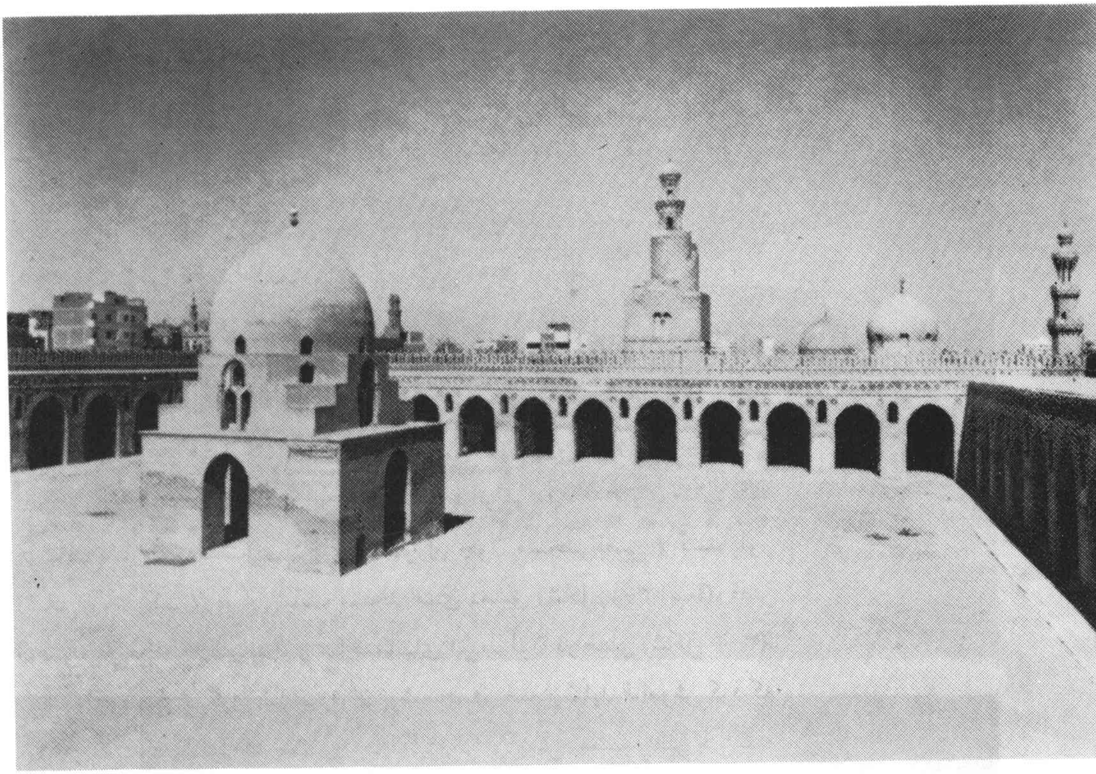
۳ مهندسی عمران

۱-۳ تکنولوژی ساختمان

در اینجا فرصت آن نیست که تاریخچهٔ معماری اسلامی، اشتقاق آن از سنّتهای هلنیستی و ایرانی، و جذب این سنتها را در نوعی اسلوب مشخص اسلامی حتی به اختصار شرح دهیم. حتی اشارهٔ فهرست‌وار به بزرگترین و موفقیت‌آمیزترین بناهای اسلامی نیز از محدودهٔ این کتاب بسی فراتر می‌رود. به عنوان مثال، فقط می‌توان اشاره‌ای داشت به بناهای مشهوری چون مسجد اقصی و گنبد بلور (شکل ۱-۳ (الف)) در اورشلیم، مسجد اموی دمشق (شکل ۱-۳ (ب))، قصر الحمراء در قرناطه (اسپانیا)، و ساختمانهای ابن‌طولون در مصر (شکل ۲-۳). نمونه‌های بسیار دیگری نیز می‌توان برشمرد. در ضمن نباید فراموش کرد که بسیاری ساختمانهای کوچکتر و دل‌انگیز کم و بیش مشهور نیز در کلیهٔ سرزمینهای اسلامی به چشم می‌خورد. با این‌حال، در اینجا باید به تشریح اجمالی تکنیکهای ساختمانی اساسی در بناهای شاهکارگونه یا خانه‌های مسکونی فقیرانه اکتفا کنیم.

مواد و مصالحی که معماران اسلامی در اختیار داشتند تابع شرایط جغرافیایی منطقه‌ای بود که در آنجا کار می‌کردند. این مواد برحسب مورد عبارت بود از سنگ، لاشه سنگ، آجر، خشت، خاک رس و چوبهای جنگلی. در قرون وسطی، پیش از آنکه جنگلهای لبنان از بین برود، چوب سرو نیز بخصوص برای ساختن سقفها فراوان بود. سوریه (منظور سوریهٔ امروزی، لبنان، فلسطین و اردن است) از سنت ساختمانهای سنگی که آن را «بنّائی سنگی» نیز می‌گفتند پیروی می‌کرد. بنایی با سنگ تراشیده در مصر و تونس هم معمول بود، ولی در مغرب تا قرن ششم هجری (دوازدهم میلادی) رواج نیافت. استفاده از لاشه سنگ یا سنگهای نیمه‌تراشیده در ساختمانها از سنتهای ایران ساسانی بود و هنوز هم

۱-۳ دو نمونه از نخستین آثار معماری‌اسلامی. بالا، گنبد بلور، اورشلیم، قرن هفتم میلادی (قرن اول هجری). پایین، مسجد جامع اموی، دمشق، اواخر قرن هفتم (قرن اول هجری) به بعد.



۲-۳ صحن و چشمهٔ آب مسجد ابن‌طولون، قاهره، با منارهٔ حلزونی آن در عقب تصویر قرن نهم میلادی/ قرن سوم هجری.

درکشورهای اسلامی و جاهای دیگر معمول است. کاربرد لاشه‌سنگ به اندازهٔ کاربرد سنگهای تراش‌خورده نیاز به مهارت و تجربه ندارد، ولی در عمل فقط کار بنّایان حرفه‌ای است. پاره‌سنگها را باید طوری کنار هم قرار داد که درزهای میان آنها نه زیاد نازک باشد و نه زیاد کُلُفت، و سطح دیوار نیز باید چنان صاف و هموار باشد که بتوان روی آن را با اندود نهایی زینت داد. ملاط و اندود ممکن است گچ زنده باشد یا مخلوطی از گچ، ماسه، گردِ آجر و زغال چوب. کاربرد ملاط نیرومندی مخلوط سیمان و ماسه چندان رضایتبخش نیست، زیرا ظاهراً خطر ترک‌خوردگی در پی دارد. گاه دیوارهای ساخته‌شده با لاشه‌سنگ را به وسیلهٔ سنگهای تراش‌خورده نماسازی می‌کنند، یا آنکه فقط درزها و حاشیه‌های آنها را تا ۶-۵ سانتی‌متر با اندود می‌پوشانند و باقیماندهٔ رویهٔ پاره‌سنگ را به صورت برجستگی قوزمانندی به حال خود رها می‌کنند که این خود نمای مطبوعی به وجود می‌آورد.



۳-۳ خانه‌های مسکونی در امتداد آبراهه‌ای در دوبی. بیشتر خانه‌ها دارای بادگیر هستند. تکنیک ایجاد جریان هوا در داخل ساختمان، بخصوص در فصل گرما، به وسیلهٔ بادگیرها مسلماً ریشه‌های بسیار کهن دارد. این تکنیک در مناطق بادخیز ایران، طی قرنهای یازدهم تا پانزدهم میلادی (پنجم تا دهم هجری) گسترش یافت و بعدها از آنجا به شهرهای حاشیهٔ خلیج فارس راه یافت. در شمال افریقا نیز از این سیستم استفاده می‌کردند: باد از هر طرف که بوزد از طریق دریچه‌های بادگیر به پایین هدایت می‌شود و درون اطاقها به گردش درمی‌آید و هوای خنکی به وجود می‌آورد.

آجر در تمام کشورهای اسلامی به کار برده می‌شود، ولی ایران را می‌توان مهد صنعت آجرسازی و آجرکاری دانست. آجر به ابعاد مختلف ساخته می‌شود، و می‌توان آن را از زوایای مختلف برید یا به صورت تقریباً مدوّر درآورد. آجر را می‌توان به تنهایی یا در ترکیب با قلوه‌سنگ در ساختمانها به کار گرفت و، بخصوص در بخشهایی از بنا که نیاز به خطوط صاف و مستقیم دارد، از آن استفاده کرد. آجر را می‌توان به عنوان وسیلهٔ اتصال افقی بین ردیفهای سنگ‌کاری‌شده یا به عنوان وسیلهٔ اتصال عمودی برای حفظ نظم و ترتیب ساختمان، بخصوص در گوشه‌ها، به کار برد. خشت یا آجر نپخته، که با مخلوطی از خاک رس و کاه و در قالبهایی چوبی ساخته می‌شود (شکل ۴-۳) هنوزهم در شهرهای حاشیهٔ صحرای افریقا کاربرد دارد و از دیرباز در مناطق خشک مانند عربستان و بخشهایی از بین‌النهرین رواج داشته است. خشت را



۴-۳ قالب‌گیری آجر خام با مخلوطی از گِل و کاه در مصر.

همراه با آجرهای پخته‌شده در کوره‌های مخصوص در ساختمانهای سامره، پایتخت عباسیان نیز به کار می‌بردند (قرن سوم هجری/ قرن نهم میلادی). در همان زمان، آجر در تونس نیز رواج داشت. آجرهای ظریف و زیبایی که متعلق‌به همان دوره است در تونس کشف کرده‌اند که ۴۲ سانتی‌متر طول و ۲۱ سانتی‌متر عرض و تقریباً ۱۰ سانتی‌متر ضخامت دارند. شفته نوعی بتون است که برای ساختن پایهٔ دیوارها به‌کار می‌رود و از ترکیب خاک، گچ، آهک، قلوه‌سنگ، آجر پاره، و کوبیدن و درهم فشردن آنها به دست می‌آید. در بعضی از اندودکاریهای خارجی دیوارها بندکشی‌های سفت‌کاریهای زیر آن را به طور تزئینی تقلید می‌کنند. در قرنهای پنجم و ششم هجری (یازدهم و دوازدهم میلادی) این‌گونه دیوارهای مستحکم، بخصوص در ساختمانی نظامی



۵-۳ ساختمان «دژ سرخ» در آگرا (هند)، چنان‌که در یک پردهٔ نقاشی عهد مغول (قرن شانزدهم میلادی) آمده است. در سمت راست، کاتبی مشغول ثبت و ضبط مصالح ساختمانی تحویل‌داده‌شده است. موزهٔ ویکتوریا و آلبرت، لندن.

سرزمینهای غربی مناطق اسلامی عمومیت یافت. خاک رس نیز که ساده‌ترین مادهٔ اولیهٔ ساختمانی است، چه در ترکیب با کاه به عنوان ملاط و چه به صورت خشتهایی که در آفتاب خشک می‌شدند در بیشتر سرزمینهای اسلامی شرقی و

خشک رواج داشت.

تیرهای چوبی،تا زمانی که به وفور یافت می‌شد، بخصوص برای ساختن سقفها، از مهمترین مصالح ساختمانی بود. گنبد بلور در اورشلیم از دو پوستهٔ چوبی ساخته شده بود که بی‌گمان از سروهای لبنان به دست می‌آمد. دو ورقهٔ سربی این ساختار چوبی را می‌پوشاند که یک ورقهٔ برنجی نیز روی آنها قرار می‌گرفت. در بسیاری از شهرها و شهرکهای اسلامی، خانه‌ها به طور کلی از چوب و الوار ساخته می‌شد. برای مثال، در بخارا (ماوراءالنهر) چنین بود و در بندر سیراف [بندرعباس] در فارس خانه‌ها از چوب ساج ساخته می‌شد. به طور معمول از الوارها و تیرهای چوبی برای ساختن خرپاها، شاه‌تیرهای سقف، تیرک اتصال، تیرچه‌های افقی کف یا سقف استفاده می‌شد. در نوعی از ساختمانها نیز تیرهای چوبی را برای ساختن دیوارها به‌کار می‌بردند، و هرجا که امکان داشت از الوارهای قطور برای استحکام پی‌های ساختمان نیز استفاده می‌کردند.

نظارت بر امور ساختمانی در شهرها به عهدهٔ محتِسِب (مأمور حفظ نظم در اسلام) بود. تعدادی قالب یا الگوی چوبی در مسجد حفظ می‌شد که هریک از آنها اندازه‌های استاندارد عناصر و مصالح ساختمانی را به دست می‌داد. یکی برای آجر، یکی برای ضخامت کاشیها، و مانند اینها. محتسب به وسیلهٔ این الگوها به طور مرتب مصالح ساختمانی را کنترل می‌کرد تا مطمئن شود که عملیات طبق مشخصات و ضوابط تعیین‌شده انجام می‌گیرد. وی همچنین قالبهای خشت‌زنی و آجرسازی و کاشی‌سازی را هم به طور مرتب کنترل می‌کرد تا مبادا شکسته یا فرسوده و تغییرشکل‌یافته باشند. خشت خام را حق نداشتند پیش از خشک شدن در کارهای ساختمانی به کار ببرند. بنّایان ملزم بودند که ذخیره‌هایی از مصالح ساختمانی در اختیار داشته باشند: آجر مخصوص سفت‌کاری دیوارها، آجر برای فرش کفها، آجرهای نسوز برای ساختن دیواره‌های کوره‌ها و بخاریها، و کاشیهای مخصوص برای سقف ساعتهای آبی. این وظایف نظارتی محتسب شباهت فراوانی به وظایف ناظر مقیم در کارگاههای ساختمانی امروزی دارد (در این زمینه، به مبحث کنترل کیفیت در فصل دهم همین کتاب نیز رجوع فرمایید).

۲-۳ راهها و پلها

در قرون وسطی جامعهٔ اسلامی از تحرک فراوانی برخوردار بود. البته، بخشهای وسیعی از جمعیت، مانند کشاورزان و کارگران شهری، هرگز از چند کیلومتر از زادگاه خود دورتر نمی‌رفتند. ولی ضرورتهای بازرگانی، اداری و نظامی، همراه با اشتیاق وافر مسلمانان به لااقل یک بار زیارت مکّه در طول عمرشان، موجب می‌شد که رفت‌وآمدهای دائمی در جاده‌های سرزمینهای اسلامی وجود داشته باشد. حکما و عالمان نیز در طلب علم و دانش اغلب در سیر و سفر بودند، و جغرافیاشناسان بزرگ اسلامی نیز تا شخصاً به سیاحتهای دور و دراز نمی‌پرداختند آثاری به وجود نمی‌آوردند. مرزبندیهای سیاسی مانعی برای این رفت‌وآمدها نبود، هرچند تشریفات گمرکی مانند روزگار ما برای مسافر خسته و فرسوده مصیبتی عظیم به شمار می‌آمد. ابن‌جُبیر در سفرنامهٔ خود شرح مفرّحی از برخورد خود با مأموران گمرک مصری در اسکندریه برجای گذاشته است (۵۷۸ هجری/ ۱۱۸۳ میلادی). سفرنامه‌های جغرافیاشناسانی چون مقدسی و ابن‌حوقل البته اطلاعات بدیعی در زمینهٔ جغرافیا به دست می‌دهد، ولی در ضمن مطالب جالبی نیز در مورد وضع جاده‌ها و شرایط محلی برای بازرگانان، مأموران حکومتی و پیکهای نامه‌رسانی دربر دارند. در این سفرنامه‌ها تمام بزرگراهها و جاده‌های اصلی را به دقت و با جزئیات کامل شرح داده‌اند: از فسطاط تا مصر علیا و شمال تا دلتای نیل و تا سوریه، عراق و بین‌النهرین علیا؛ از مصر در امتداد کناره‌های شمال افریقا تا تونس و مراکش؛ از عراق تا ایران و، سپس، از طریق کویر تا خراسان و ماوراءالنهر؛ راههای زیارتی به مکّه؛ و جز اینها. راههای ایالتی نیز توصیف شده است. معمولاً در هر مرحله از مسیر به مسافران اطلاع می‌دادند که وضع مسکن، غذا و آب موجود در هر توقفگاه از چه قرار است و چه حوادثی ممکن است روی دهد. سفر با وسایلِ نقلیهٔ چرخدار نادر بود. شتر، قاطر و الاغ هم برای حمل مسافر و هم برای حمل بار مورد استفاده قرار می‌گرفتند، هرچند شترهای بلخ، که مهمترین وسیلهٔ حمل بار در فلات ایران محسوب می‌شد، برای سواری مناسب نبود.

رواج حمل و نقل با حیوانات بارکش و فقدان بارندگی سنگفرش کردن

جاده‌ها را غیرضروری می‌ساخت، ولی در مناطق کوهستانی می‌بایست جاده‌ها را به دقت ساخت و نگاهداری کرد. ایجاد خدمات پستی دولتی (بَرید - رجوع فرمایید به فصل چهارم، بخش ۷) موجبات نقشه‌برداری از راهها و توقفگاههای بین راه را فراهم آورد و کاروانسراهای متعدد با تجهیزات و وسایل کافی آمادهٔ پذیرایی از مسافران بودند و در ضمن همه‌جا آب‌انبارهایی هم برای ذخیرهٔ آب باران ساخته شده بود. یکی از نشانه‌های کارآیی این راهها، حمل یخ از سوریه به مصر در ماههای تابستان بود. این‌کار به طور مرتب در زمان فاطمیان، ایوبیان و مملوکان انجام می‌گرفت (قرنهای چهارم تا دهم هجری/ دهم تا شانزدهم میلادی). پنج بار شتر یخ در هر هفته فرستاده می‌شد که البته مخصوص قصر سلطان بود و هزینهٔ آن را از محل اعتبارات دولتی می‌پرداختند. سطح خیابانها در شهرهای عمده‌ای چون اسکندریه، فاس، و سمرقند سنگفرش بود، و محتسب نظارت داشت که اهالی هر محله از شهر تعهدات خود را در مورد پاکیزگی خیابانها و تعمیر چاله‌ها و ایجاد جویهای فاضل‌آب به طور مرتب انجام دهند. هر خانوار مسئول حفظ نظافت و تعمیر آن بخش از خیابان یا کوچه بود که در برابر خانهٔ آنها قرار داشت.

برای عبور از رودها و نهرهای پرعرض یکی از رایج‌ترین روشها ایجاد پلهای شناور بود. فسطاط به وسیلهٔ پل شناوری مرکب از ۳۰ قایق به جزیرهٔ روضه مرتبط می‌شد و جزیره به وسیلهٔ پل شناور دیگری مرکب از ۶۰ قایق به ساحل نیل می‌پیوست. در حِلّه، روی فرات به دستور خلیفه، پل شناوری برای زایران ساخته بودند که به جای قایقهای متعارف رفت‌وآمد افراد را به دو سوی رودخانه تأمین می‌کرد. یک کابل فولادی بین دو کنارهٔ رودخانه کشیده بودند که به لنگربندهای چوبی دو طرف رودخانه مهار می‌شد، و قایقهای شناور را به این کابل بسته بودند و ثابت نگاه می‌داشتند. این نوع پلها بسیار مؤثر و در عین حال کم‌هزینه است، ولی مستلزم تعمیرات و نگاهداری دائمی است و برای کشتیرانی نیز مزاحمت ایجاد می‌کند. بسیاری از رودها و آبراهه‌ها قابل کشتیرانی بودند و بنابراین برای عبور از آنها می‌بایست به ساختن پلهای قوسی ثابت روی آورد.

ساختن پل قوسی تک‌دهانه، بخصوص هنگامی که بار به طور عمودی بر دو

کنارهٔ رود تحمیل می‌شود چندان دشوار نیست. مشکلات با انواع دیگر پلها آغاز می‌گردد. برای مثال، برای ساختن یک پل قوسی چنددهانه‌ای، دشوارترین مسئله عبارت خواهد بود از تأمین استحکام و ثبات پایه‌های پل در بستر رود (شکل ۶-۳). در موردکانالها و رودهایی با جریان آرام آب بازهم چندان مشکلی پیش نمی‌آید، ولی در صورتی که جریان آب شدید باشد مسائل پیچیده‌ای مطرح می‌گردد. گزارشی در اختیار داریم از یک پل بزرگ در نزدیکی مراکش که به دست مهندسان اسپانیای اسلامی ساخته شده بود و در نخستین طغیان رودخانه بکلی شسته و روبیده شد. با این وصف، نمونه‌های موفقیت‌آمیزی از این نوع پلها نیز در دست داریم. یکی از جسارت‌آمیزترین انواع پلهای قوسی نیمدایره‌ای، نوعی پل تک‌دهانه‌ای است که ارتفاع قوس آن کمتر از نصف فاصلهٔ بین دو پایه است. با این روش می‌توان فاصلهٔ بین دو پایهٔ پل را بیشتر گرفت، ولی مشکل آن است که بار افقی و همچنین بار عمودی بیشتر به پایه‌ها وارد می‌شود و، به هر حال، ساختن این نوع پل فقط هنگامی عملی است که پایه‌ها روی زمین

۶-۳ پل چنددهانه‌ای شهرستان در اصفهان که متعلق به قرن دوازدهم میلادی (قرن پنجم هجری) است.



صخره‌ای بسیار مستحکم بنا شوند. طاقهای قوسی قطعه‌ای زودتر از اواخر قرن هفتم هجری (سیزدهم میلادی) در اروپا ساخته نشد، ولی مدتها پیش از آن تاریخ در سرزمینهای اسلامی رایج بود. به عنوان نمونه، ابعاد یکی از این نوع پلها را که در اوایل قرن دوم هجری (قرن هشتم میلادی) روی رودخانهٔ تاب در ایران ساخته شده بود در دست داریم. این پل طاقی به درازای ۶۰ متر داشت و ارتفاع آن از ۱۰ متر تجاوز نمی‌کرد.

۳-۳ آبیاری

وقتی سخن از آبیاری در سرزمینهای اسلامی پیش می‌آید، نظرها به طور طبیعی متوجه شبکه‌های گستردهٔ کانالها در زمینهای اطراف رودهای بزرگ می‌شود. و، به راستی هم شهرهای بزرگی چون بغداد و قاهره که در مناطقی خشک و سوزان گسترش یافته‌اند، بدون کشاورزی مبتنی بر شبکه‌های آبیاری وسیع امکان شکوفایی نمی‌یافتند. به طور کلی، در بیشتر جوامع اسلامی ارزش و حرمت آب حتی در کوچکترین آبادیها احساس می‌شود، زیرا در این نقاط طبیعت و منابع موجود آب است که اندازهٔ جامعه‌های محلی و میزان رونق و شکوفایی آنها را تعیین می‌کند.

در سرزمینهای اسلامی از همهٔ چاههای آب، چشمه‌ها، رودها و نهرها، و منابع زیرزمینی آب برای کشاورزی و مصارف خانگی استفاده می‌کردند. در این زمینه اخباری در دست داریم از یک روستای قرن چهارم هجری (قرن دهم میلادی) که چاه آب آن در بیشتر اوقات خشک یا کم‌آب بود، ولی هنگامی که در فصل معینی از سال چاه پر آب می‌شد، بی‌درنگ برای آبیاری کشتزارها از آن استفاده می‌کردند. در روستای دیگری، هنگامی که رودخانه خشک می‌شد، به کمک سقایه (رجوع کنید به فصل ۲، بخش ۱) از چاهها آب می‌کشیدند و به آبیاری کشتزارها می‌پرداختند. از مسیلها نیز با بستن سدّهای پیاپی در عرض آنها و ایجاد زنجیره‌ای از آبگیرهای پلکانی برای آبیاری استفاده می‌کردند، و بدین طریق حتی سیلابهای موضعی را نیز هدر نمی‌دادند.

با این‌حال، آبیاری فقط به قصد حفظ حیات صورت نمی‌گرفت. در مناطقی

هم که باران به حد کافی می‌بارید، آبیاری وسیله‌ای بود برای افزایش تولیدات کشاورزی یا تهیهٔ فرآورده‌هایی چون برنج و نیشکر که کشت آنها به روش دیم‌کاری امکان‌پذیر نیست. به همین دلایل بود که مسلمانان روشهای آبیاری خود را، همراه با انواع گوناگونی از میوه‌ها و سبزیها که در اروپا تازگی داشت، به شبه‌جزیره ایبریا (اسپانیا و پرتغال) وارد کردند. تأثیر عمیق روشهای کشت و کار مسلمانان در اسپانیا از آنجا آشکار می‌گردد که بسیاری از واژه‌ها و اصطلاحات مربوط به کشاورزی و آبیاری در زبان اسپانیایی کنونی ریشه‌های عربی دارند.

با توجه به نکات یادشده، اینک به سیستمهای اساسی آبیاری در دنیای اسلام می‌پردازیم که چه از نظر تکنولوژی و چه از نظر جامعه‌شناسی حائز اهمیت است. روشن است که تمدنهای متکی به رودهای بزرگی چون نیل و دجله و فرات پیشینه‌هایی چندهزارساله دارند و با فتح این سرزمینها به دست اعراب در اوایل قرن هفتم میلادی آغاز نمی‌شوند. با ورود اسلام به این سرزمینها، تکنیکهای اساسی تغییر نیافت و همچنان برجای ماند، ولی با تحرک تازه‌ای که در زندگی اجتماعی این مناطق پدید آمد، کانالهای آبیاری گسترش یافت تا کشاورزی محلی بتواند پاسخگوی نیازهای جدید شهرهای جدید و توسعه‌یابنده باشد. تکنیکها آبیاری به طور کلی تابع شرایط جغرافیایی و جوّی محلی بود و از منطقه‌ای به منطقهٔ دیگر تغییر می‌کرد. در مصر، طغیان رود نیل به طور منظم و پیش‌بینی‌پذیر در اواسط مردادماه شروع می‌شد و در اواخر ماه به اوج خود می‌رسید و، سپس، دو ماه بعد فرومی‌نشست و لایه‌ای تازه از رسوبات حاصلخیز برجای می‌گذاشت. در زمانهای قدیم‌تر، کشاورز مصری محصولات خود را مستقیماً در همین اراضی حاصلخیز می‌کاشت، ولی با افزایش تقاضا برای مواد غذایی، شبکه‌های آبیاری برای بهره‌برداری از زمینهای دوردست‌تر گسترش یافت. بدین ترتیب، در امتداد رود نیل، قطعه زمینهای بزرگی را با ارتفاع معین نسبت به یکدیگر برای کشاورزی آماده کردند که همهٔ آنها به وسیلهٔ کانالهای اختصاصی به یکدیگر و به رود نیل مرتبط بودند. در فصل طغیان نیل با گشودن سد و بندها به سیلاب اجازه می‌دادند به این سرزمینها راه یابد و رسوبات حاصلخیز خود را در آنجا فرونشانَد. هنگامی که آب رود پس می‌نشست، آبهای باقی‌مانده در اراضی کشاورزی را به سوی نیل زه‌کشی

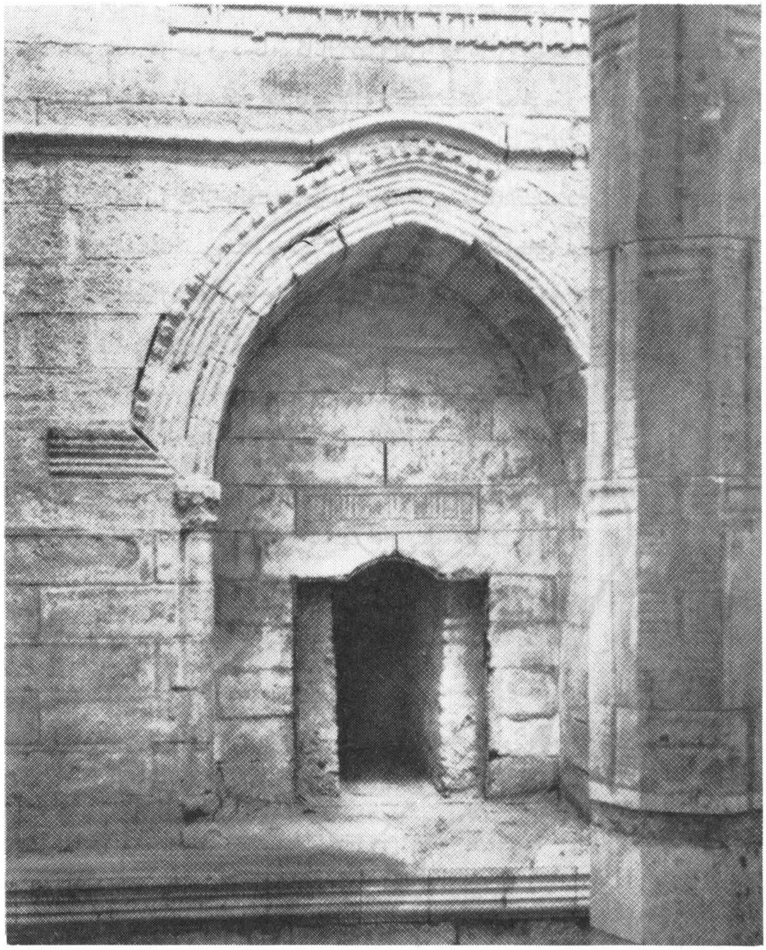
می‌کردند و تا فصل آینده آبیاری دیگری به عمل نمی‌آمد. این روش که تا قرن نوزدهم نیز در مصر معمول بود، برای درهٔ نیل کیفیتی آرمانی داشت. رودخانه دارای نوعی شیب پلکانی است و شبکهٔ کانالها نیز نسبتاً کوتاه است. بنابراین، جریان آب پس از رسوب لای و لجن حاصلخیزش به راحتی به سوی رود برمی‌گشت و در ضمن املاح اضافی را هم می‌شست و با خود می‌برد. با آنکه در بعضی موارد آب را تا فواصل نسبتاً دورتری از رود، مانند زمینهای پست فیوم، هدایت می‌کردند، عملاً احتیاجی به سد بستن روی رود نیل نداشتند. اما یکی از مضار این طرز آبیاری آن بود که فقط می‌توانستند یک بار در سال محصول بردارند. با این‌حال، انواع گوناگونی از غلات را در زمانهای مختلف و متناسب با فصل کاشت آنها در همین زمینها کشت می‌کردند. همچنین در کناره‌های نیل، حتی هنگامی هم که آب رود فرومی‌نشست، کشت و کار امکان‌پذیر بود، چون به وسیلهٔ نوریا آب لازم برای آبیاری را از رود بالا می‌کشیدند.

ارتفاع آب در زمان طغیان رود به وسیلهٔ دستگاه مشهوری به نام «نیل‌سنج»[۸۷] اندازه‌گیری می‌شد (شکل ۷-۳). این دستگاه که در سال ۲۴۷ هجری/ ۸۶۱ میلادی تکمیل شده بود تشکیل می‌یافت از یک ستون مدرج هشت‌وجهی، که به عنوان معیار اندازه‌گیری به کار می‌رفت و آن را در گودالی سنگی به گنجایش تقریباً ۶/۲ مترمربع برپاکرده بودند. پلکانی هم از بالا تا ته گودال پایین می‌رفت. آخرین بخش گودال مدوّر بود. چهار دیوارهٔ بخش بالایی گودال با طاق‌نماهایی به سبک معماری گوتیک اندکی عقب نشسته بود که آنها را «نقطهٔ سوم»[۸۸] می‌نامیدند. ولی جالب این است که زمان ساختن این طاق‌نماها سه قرن پیش از زمانی بود که برای نخستین بار ساختمانهایی به سبک معماری گوتیک در اروپا پدید آمد. این گودال به وسیلهٔ سه تونل در سطوح مختلف با رود نیل ارتباط داشت. ستون معیار به ۱۶ ذراع تقسیم شده بود و ۱۰ ذراع فوقانی نیز هریک به ۲۴ درجه تقسیم شده بودند. مالیات زمینهای کشاورزی که به سلطان پرداخته می‌شد، برحسب ارتفاع آب در این گودال تعیین می‌شد.

در عراق نیز، نظیر مصر، مسلمانان وارث سیستم آبیاری پیشینیان شدند که

---

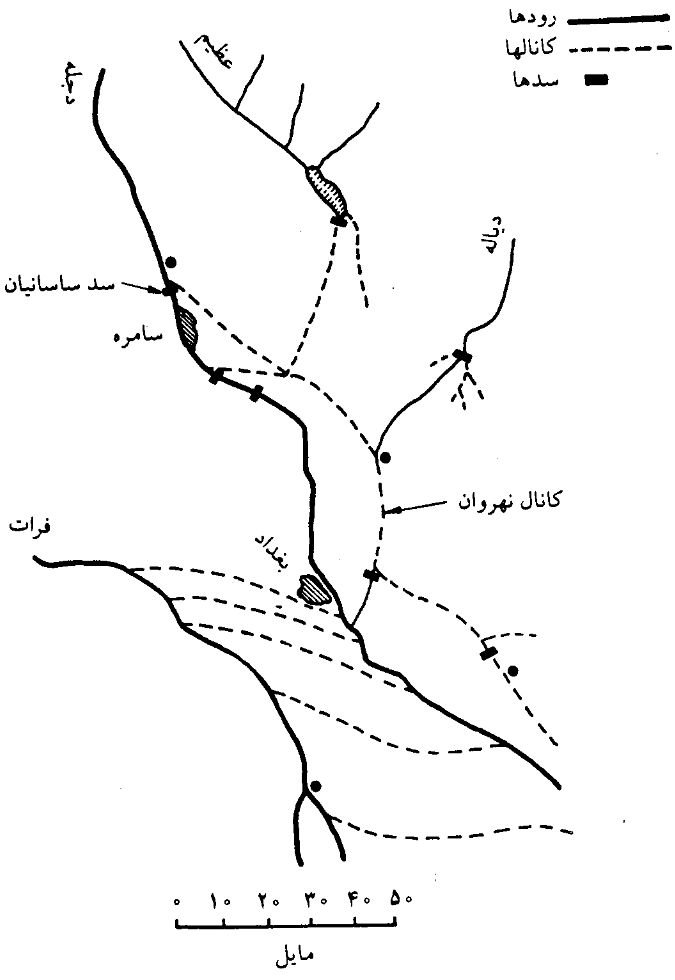
87) Nilometer   88) tiers-point



۷-۳ بخش زیرین «نیل‌سنج» در جزیرهٔ روضه، قاهره. قرن نهم میلادی (قرن دوم هجری). ستون هشت‌وجهی در سمت راست برحسب ذراع کالیبربندی شده تا ارتفاع آب رود نیل را اندازه بگیرند.

در اینجا ایرانیان زمان ساسانیان بودند. دجله و فرات رودهایی هستند که، برخلاف نیل، کنار آمدن با آنها چندان آسان نیست، زیرا حجم آب آنها از سالی به سال دیگر ممکن است بسیار متفاوت باشد. این امر، همراه با جریان کند آنها در دشتهای رسوبی عراق سفلی تا همین سالهای اخیر نیز به سیلابهای گسترده و تغییراتی در مسیر هر دو رود میدان می‌داد. در طول تاریخ طولانی این دو رودخانه چند تغییر مسیر عمده به ثبت رسیده است. پس از استقرار اسلام در این منطقه، رشد و توسعهٔ شهرهای نوبنیادی چون بصره و بغداد ایجاب می‌کرد که شبکهٔ کانالهای موجود گسترش یابد. از آنجا که شیب ملایمی در جهت شرق بین

رودهای فرات و دجله وجود دارد، کانالهای پهنی در پایین‌دست بغداد بین این دو رود حفر شد. در شرق دجله، کانال نهروان را که در زمان ساسانیان حفر شده بود پهن‌تر کردند و شاخابهٔ جدیدی از پایین‌دست سامره و سدّی که در زمان ساسانیان رویَ دجله بسته شده بود به سوی کانال نهروان گشودند. رودهای عظیم و دیاله نیز که‌ازجانب شرق به دجله می‌ریختند سدبندی شدند و کانالهایی که از این سدها سرچشمه می‌گرفتند تغذیه شبکه‌های آبیاری گسترده‌تری را برعهده داشتند (شکل ۸-۳). بصره در سال ۱۷ هجری (۶۳۸ میلادی) به عنوان اردوگاه نظامی بنیان‌گذاری شد تا پایگاهی برای فتح ایران باشد. در آن زمان



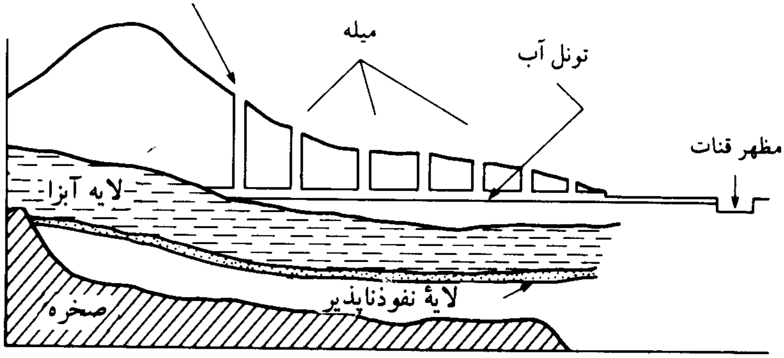
۸-۳ شبکهٔ کانالها در منطقهٔ بغداد به صورتی که در زمان عباسیان با استفاده از آب رودهای دجله و فرات و عظیم و دیاله توسعه یافت.

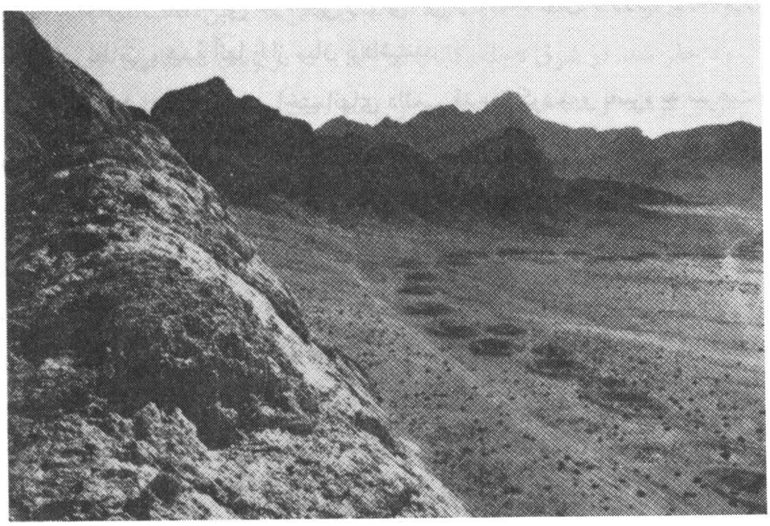
ساکنان محل در کلبه‌هایی سردستی زندگی می‌کردند که، پس از ورود و استقرار نیروهای نظامی، همهٔ آنها را از میان برداشتند.

تقریباً بیست سال بعد ساختمانهای دائمی قدعلم کردند و بصره به سرعت رشد یافت و مبدل به شهر بزرگی شد که رفته رفته به صورت مرکز بازرگانی و مبادلات ماورای بحار درآمد و مؤسسات بزرگ صنعتی و مالی و کشاورزی در آنجا استقرار یافتند. بصره از نظر جنب‌وجوش فرهنگی خود، بخصوص در زمینهٔ تعلیم و تعلم الهیات، نیز شهرتی پردامنه کسب کرد. نخستین کانالی که برای تأمین آب بصره از شط‌العرب [اروندرود] طراحی کردند در سال ۴۵ هجری (۶۶۵ میلادی) به پایان رسید، و در طول قرن بعدی شبکهٔ گسترده‌ای از کانالها برای تأمین آب کشاورزی در اطراف شهر ساخته شد.

تکنیک تخصصی دیگری که برای استفاده از آبهای زیرزمینی وجود داشت، قنات نامیده می‌شد. قنات، که یکی از کهن‌ترین نمونه‌های دشوار و پرخطر حفاری در اعماق زمین محسوب می‌گردد، نوعی تونل تقریباً افقی زیرزمینی است که آب را از یک سفرهٔ آب زیرزمینی (لایهٔ آبگیر و نفوذناپذیری از سنگهای صخره‌ای یا شن و ماسه) به محل مصرف می‌رساند (شکل ۹-۳ (الف)). نخست، یک میلهٔ عمودی در نقطه‌ای از یک تپه که حدس می‌زنند دارای سفرهٔ آب زیرزمینی باشد حفر می‌کنند که آن را «مادرچاه» می‌نامند. بعد، در سطح زمین، مسیر تونل از مادرچاه تا محل‌مصرف را معین می‌کنند. قناتها ممکن است بسیار کوتاه باشند، ولی درازای بعضی از آنها ممکن است به ۸ تا ۱۶ کیلومتر یا

۹-۳ (الف) مقطع یک قنات.





۹-۳ (ب) مسیر یک قنات در ایران که به وسیلهٔ تودهای از خاکهای کُپه‌شده در اطراف دهانهٔ میله‌ها مشخص می‌گردد.

بیشتر هم برسد. ژرفای مادرچاهها نیز تفاوت می‌یابد: عمق بعضی از آنها ممکن است کمتر از ۷ متر باشد، ولی این عمق به ۴۵ تا ۱۰۰ متر هم می‌رسد. تونل افقی را از محل خروجی [مظهر قنات] به سوی مادرچاه حفر می‌کنند و شیب آن از یک درهزار در قناتهای کوتاه تا تقریباً افقی در قناتهای طولانی تغییر می‌یابد. به فواصل ۲۰ تا ۱۴۰ متر میله‌هایی از سطح زمین تا تونل حفر می‌شود (شکل ۹-۳ (ب)). این میله‌ها دارای دو خاصیت عمده است: تأمین هوای مورد نیاز در تونل، و تخلیه خاکهای کنده‌شده، یک سفرهٔ آب زیرزمینی خوب جریان آب یکنواخت و ثابتی به دست می‌دهد، و عبور آب از تونل زیرزمینی نه فقط پاکیزگی آن را تضمین می‌کند بلکه از تبخیر آن نیز، نسبت به دریاچه‌ها، آب‌انبارها و کانالهای سرگشاده، می‌کاهد.

در قرون وسطی شبکهٔ قناتها در ایران، شمال افریقا و اسپانیا فراوان بود، و در ایران کنونی هنوزهم فراوان است. در سال ۱۹۲۹، آب‌شناس برجستهٔ فرانسوی، هانری گوبلو[89] تخمین زده بود که تقریباً نیمی از زمینهای زیرکشت در ایران به وسیلهٔ قنات آبیاری می‌شود.

ادارهٔ سیستمهای آبیاری وسیع کار بزرگی بود که به وسیلهٔ سازمان حکومتی

89) Henri Goblot

خاصی با مدیران، مهندسان هیدرولیک، بازرسان، کارگران ماهر و گروه انبوهی از کارکنان عادی انجام می‌گرفت. وظیفهٔ این سازمان شامل عملیاتی می‌شد از قبیل ساختن کانالها و سدهای تازه، تعمیر و نگاهداری کانالها و دستگاههای بالاکشندهٔ آب از رودها، و همچنین تعیین و توزیع سهمیهٔ آب کشاورزان. هنگامی که حفر کانال جدیدی به تصویب می‌رسید و بودجهٔ آن تأمین می‌شد، مهندسان و مساحان و نقشه‌برداران به تعیین دقیق مسیر، شیب و تقاطعها و انشعابات آن می‌پرداختند. ابتدا حجم حفاری را محاسبه می‌کردند و بر اساس این رقم تعداد کارگران و ناظران و سرپرستان لازم برای انجام کار در مدت مورد نظر را تخمین می‌زدند. بدین ترتیب، از طریق تعیین ساعت- کارهای لازم می‌توانستند هزینهٔ واقعی را نسبت به بودجهٔ تخصیص‌یافته برآورد کنند و کم و کسریهای احتمالی را تأمین نمایند. عین همین نوع محاسبات را برای لایروبی کانالها و قناتهای موجود انجام می‌دادند و سازمان یادشده، کار را یا رأساً انجام می‌داد یا آن را به پیمانکار می‌سپرد.

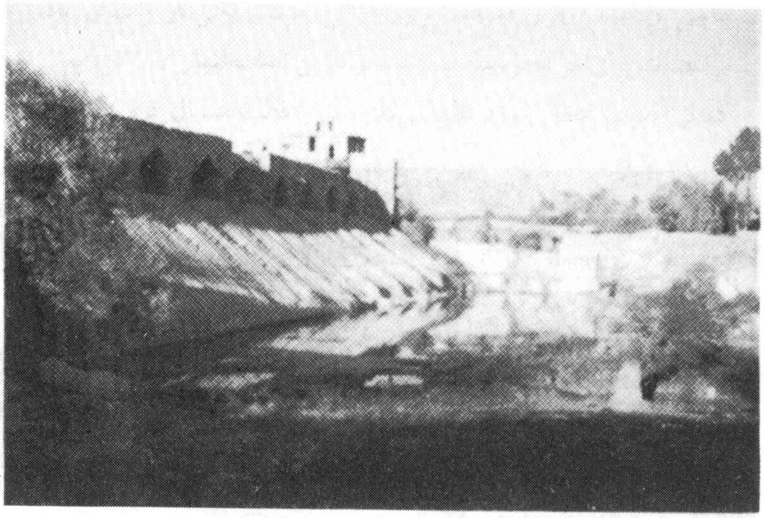
توزیع آب بین کشاورزان به دو صورت انجام می‌گرفت. یکی تخصیص سهمیهٔ آب به طور ساعتی بود. کانال فرعی آب از کانال اصلی به کشتزارهای روستاییان معمولاً با سد خاکی کوچکی بسته می‌شد. هنگامی که نوبت دریافت آب کشاورز معینی فرا می‌رسید، «میراب» سدّ کوچک را خراب می‌کرد تا آب طی مدت معینی به سوی زمینهای مورد نظر جریان پیدا کند و پس از آنکه سهمیهٔ ساعتی آن زمینها به پایان می‌رسید، میراب سدّ خاکی کوچک را از نو می‌بست. روش دیگری هم وجود داشت که به موجب آن آب‌بند تخته‌ای خاصی راکه دارای سوراخهایی با قطر کالیبربندی‌شده بود در ابتدای کانال فرعی هر کشاورز قرار می‌دادند. بدین ترتیب، جریان آب دائمی بود، ولی میزان و شدت آن به وسیلهٔ آب‌بند یادشده تعیین می‌شد. از طریق گزارش ویژه‌ای که در قرن چهارم هجری (قرن دهم میلادی) در مورد سیستم آبیاری منطقهٔ مرو در خطهٔ خراسان تهیه شده می‌توان به اهمیت و ابعاد سازمان آبیاری آن روزگار پی برد. چنانکه از این گزارش برمی‌آید، اقتدار سرپرست سازمان آبیاری رود مرغاب بسی بیشتر از اهمیت دستگاه حکومتی مرو بوده است زیرا ۱۰,۰۰۰ کارگر و کارمند گوناگون با تخصصهای ویژه در اختیار داشته است.

۳-۴ بندها

بندها معمولاً بخشی از تأسیسات آبیاری محسوب می‌شدند، چه هدف عمدهٔ آنها تغذیهٔ کانالهای آبیاری بود که خود بخشی از سستم هیدرولیکی هر منطقه را تشکیل می‌دادند ـ سیستمی که به طور کلی انواع آب‌بندها، دریچه‌های کنترل، تنظیم‌کننده‌ها و تقسیم‌کننده‌های جریان آب را دربر می‌گرفت. شکل ۸-۳، نمایشگر محل سدّ و شبکه‌های ویژهٔ سیستم آبیاری منطقهٔ بغداد است، ولی در ماوراءالنهر و سوریه نیز از این‌گونه بندها و تأسیسات فراوان بود. در شبه‌جزیرهٔ ایبریا، مهندسان مسلمان از اِبرو تا گوادالکبیر بندهای فراوانی روی رودخانه‌ها بسته بودند تا شکوه و جلال غوطه[۹۰] دمشق را در آندلس زنده کنند. بیشتر این بندهای کوچک خاکی برای انحراف مسیر آب ساخته می‌شد، ولی سدهای بزرگتر و پرهیبت‌تری هم به منظور استفاده از نیروی آب یا برای تغذیهٔ شبکه‌های آبیاری برپا می‌کردند. ادریسی که در میانهٔ قرن ششم هجری (قرن دوازدهم میلادی) به آن خطه سفر کرده بود، شرح می‌دهد که سد عظیمی از این نوع اخیر در حوالی قرطبه روی رودگوادالکبیر ساخته شده بود که سنگهای آن را از مصر وارد کرده بودند و پایه‌های مرمرین سدّ چنان طراحی شده بود که سه خروجی جداگانهٔ آب برای سه آسیاب عظیم به وجود می‌آمد و در هریک از این آسیابها چهار چرخ آب بزرگ تعبیه کرده بودند. این آسیابها تا زمانهای اخیر نیز هنوز کار می‌کردند، هرچند شکل و ساختار اولیهٔ آنها تغییرات زیادی به خود دیده بود. توصیف دیگری از یکی از همین نوع تأسیسات در دست داریم که در آغاز قرن هفتم هجری (قرن سیزدهم میلادی) در نزدیکی تبریز [ایران] ساخته شده بود. در این مورد اخیر، دو چرخ آب وجود داشت. سه قرن پیش از این تاریخ، تقریباً در ۳۷۰ هجری (۹۶۰ میلادی) امیر عضدالدوله از دودمان بویه تأسیسات هیدرولیکی عظیمی روی رودخانهٔ کُر در ایران برپا کرده بود (شکل ۱۰-۳). به گفتهٔ مقدسی، «عضدالدوله بین شیراز و استخر (تخت‌جمشید) رود را با دیوار عظیمی که پایه‌های آن از سرب بود سدّ کرد، چنانکه در پشت این

---

۹۰) ناحیه‌ای در اطراف دمشق.



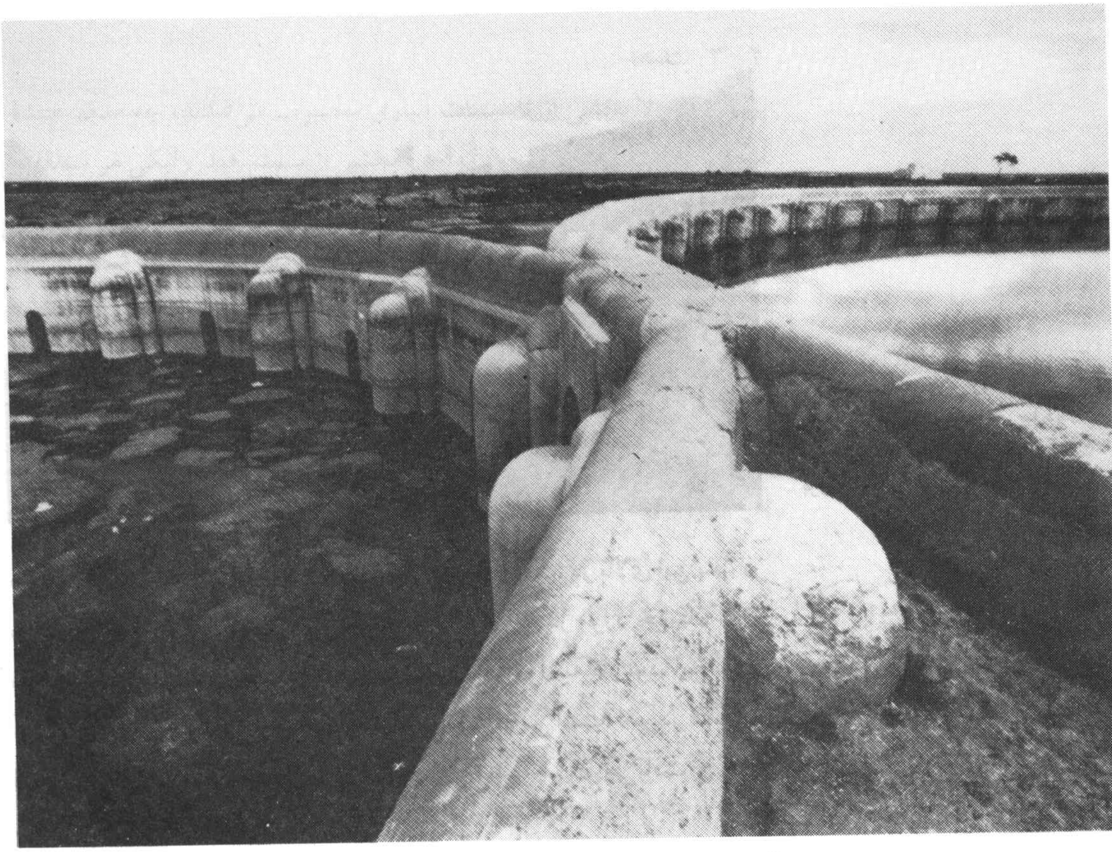
۳-۱۰ بند امیر روی رودخانهٔ کُر در فارس، ایران، که تقریباً در ۹۶۰ میلادی برای تأمین آب یک پروژهٔ آبیاری عظیم ساخته شد.

دیوار دریاچه‌ای پدید آمد و آب همچنان ارتفاع می‌گرفت. در بالای این بند، در دو سوی رود، ده چرخاب از نوع نوریا، به صورتی که در مورد خراسان شرح دادیم، وجود داشت و زیر هریک از آنها آسیابی مشغول به کار بود. این بند و آسیابهای آن امروزه یکی از دیدنیهای شگفت‌انگیز فارس است. امیر در همان‌جا شهر جدیدی ساخت. آب از طریق کانالهای متعدد جریان می‌یافت و ۳۰۰ روستا را آبیاری می‌کرد.»

یکی از نمونه‌های آبیاری متکی بر وادی[۹۱] که هنوزهم بقایای آن را می‌توان در تقریباً یك کیلومتری دروازهٔ شمالی شهر قیروان در تونس مشاهده کرد، متشکل از دو آب‌انبار بزرگ است که آبهای وادی مرج‌اللیل را در خود جمع می‌کردند (شکل ۱۱-۳). آب‌انبار کوچکتر یک چندضلعی است با ۱۷ ضلع مستقیم که هریک از آنها به طور متوسط در حدود ۶/۲۵ متر طول دارد و هریک از گوشه‌های آن، از درون و از بیرون، به وسیلهٔ پشت‌بند نیرومندی مستحکم شده است. قطر داخلی آب‌انبار ۳۷/۴ متر است. این آب‌انبار در واقعَ مخزنی است برای رسوب دادن گِل و لای آبهایی که بدان وارد می‌شود. یکی از دیواره‌های این

---

۹۱) سیلاب‌روهای عریض و کم‌عمق که معمولاً در مناطق صحرایی و کویری به وجود می‌آید. - م.



۱۱-۲ نمای قسمتی از دو آب‌انبار بزرگ قرن نهم میلادی در وادی مرج‌اللیل نزدیک شهر قیروان در تونس.

آب‌انبار با دیواره‌ای از یک آب‌انبار بزرگتر در تماس است و راه‌آب لوله‌مانندی در دیوارهٔ بین دو مخزن در ارتفاع چندمتری از کف وجود دارد. آب‌انبار بزرگتر دارای ۴۸ ضلع است و هریک از گوشه‌های آن نیز با پشت‌بندی استحکام یافته است. قطر داخلی این آب‌انبار ۱۳۰ متر و عمق کلی آن به ۸ متر می‌رسد. ساختمان این تأسیسات در سال ۲۴۸ هجری (۳-۸۶۲ میلادی) به اتمام رسیده است.

۵-۳ مسّاحی

تعیین موقعیت ـ یعنی طول و عرض جغرافیایی ـ هر محل و هر نقطه از سطح کرهٔ زمین به دلایل مختلف ارزشمند است، و بخصوص برای منجمان، اگر بخواهند نتایج حاصل از رصد موقعیتهای اجرام آسمانی را مورد استفاده‌های

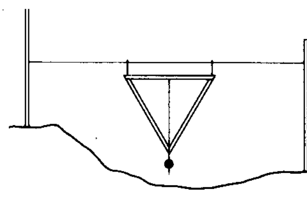
علمی و عملی قرار دهند، امری حیاتی است. یکی از راههای یافتن این مختصات برای هر محل عبارت است از تعیین نصف‌النهار آن محل، یعنی خطی که از جنوب محل مورد نظر می‌گذرد و تا قطب شمال کرهٔ سماوی امتداد می‌یابد و از سمت‌الرأس نیز می‌گذرد. ساده‌ترین روش برای تعیین نصف‌النهار عبارت است از اندازه‌گیری ارتفاع یک ستارهٔ پیراقطبی (یعنی ستاره‌ای که آنقدر به قطب کرهٔ سماوی نزدیک است که به نظر می‌رسد همیشه بالای افق قرار دارد) همزمان با اندازه‌گیری زاویهٔ افقی آن نسبت به نقطهٔ معینی از افق. این کار را هنگامی انجام می‌دهند که ستاره در شرق شخص ناظر باشد، و بعد همین اندازه‌گیری را هنگامی که ستاره در غرب ناظر باشد تکرار می‌کنند. نیمساز زاویهٔ افقی خط نصف‌النهار را به دست می‌دهد. پس از این محاسبات به سادگی می‌توان عرض جغرافیایی محل را از طریق رصد کردن ارتفاع خورشید یا ستاره به هنگام عبور از نصف‌النهار معین کرد. منجمان مسلمان از چند روش دیگر نیز برای تعیین عرض جغرافیایی استفاده می‌کردند.

روشهای قرون وسطایی برای تعیین طول جغرافیایی در قیاس با روشهای خاص اندازه‌گیری عرض جغرافیایی چندان دقیق نبود چون دقت کامل در این کار مستلزم استفاده از کرونومتر دقیق و مناسب بود که تا میانهٔ قرن هجدهم میلادی عملاً وجود خارجی نداشت. بنابراین، منجمان اسلامی الزاماً می‌بایست به روشهای دیگری روی بیاورند. آنان دو تکنیک خاص را مورد توجه قرار دادند: یکی از آنها عبارت بود از رصد خسوفهای ماه از دو محل مختلف به قصد تعیین مختصات یک رویداد واحد ـ مثلاً، تعیین لحظه‌ای که ماه وارد سایهٔ کرهٔ زمین می‌شود ـ و سپس مقایسه کردن نتایج. اختلاف زمان بین رویداد مورد نظر در دو محل رصد در واقع نمایشگر اختلال طول جغرافیایی آن دو نقطه بود. روش دوم عبارت بود از اندازه‌گیری فاصلهٔ شرقی- غربی محل مورد نظر نسبت به محل دیگری با طول جغرافیایی معلوم (یا مفروض).

هنگامی که عرض و طول جغرافیایی دو محل معلوم باشد این امکان وجود خواهد داشت که جهت یک محل نسبت به محل دیگر و، بنابراین، زاویهٔ سمت یا به عبارت دیگر، انحراف شرقی آن نسبت به نقطهٔ شمالی را تعیین کنیم. یکی از کاربردهای این محاسبه تعیین سمت مکّه (قبله) از یک

محل مشخص بود که برای دانشمندان مسلمان قرون وسطی اهمیتی ویژه داشت. راه‌حلهای گوناگونی که از سوی منجمان برجستهٔ قرنهای سوم تا هشتم هجری (نهم تا چهاردهم میلادی) برای تعیین جهت قبله پیشنهاد می‌شد به وضوح نشان می‌دهد که دانشپژوهان سرزمینهای اسلامی آن دوره به سطح بسیار بالایی از تکنیکهای محاسباتی و مثلثاتی رسیده بودند. از آنجا که زاویهٔ سمت یک نقطه نسبت به نقطهٔ دیگر قابل محاسبه بود، به طور نظری این امکان نیز وجود داشت که جاده یا آبراهه‌ای به خط مستقیم بین آن دو شهر ساخته شود. اما اغلب در عمل چنین کاری امکان نداشت چون مسیر جاده تابع مختصات جغرافیایی و جنس و نوع مالکیت زمینهای بین راه بود، و مسیر آبراهه‌ها نیز الزاماً می‌بایست از نزدیکترین فاصلهٔ ممکن نسبت به مناطق کشاورزی بگذرد. بنابراین، مسیر جاده‌ها و آبراهه‌ها در عمل با توجه به چنین ملاحظاتی انتخاب می‌شد.

پیش از حفر هرنوع کانال، می‌بایست مسیر آن را از ابتدا تا انتها تعیین کرد و، سپس، به تراز کردن زمین در امتداد این مسیر پرداخت. عملیات تراز کردن زمینها مستلزم نوعی خط دید افقی است که، در دوربینهای نقشه‌برداری امروزی، به وسیلهٔ خطوط متقاطع نازک در عدسیهای چشمی و یک تراز الکلی فراهم می‌شود که صفحهٔ اصلی دستگاه را به حالت افقی نگاه می‌دارد. نقشه‌برداران مسلمان نیز چندگونه دستگاه به‌کار می‌بردند که تقریباً بر همین اصول استوار بودند ـ البته بدون دوربین. آنان در واقع از دید غیرمسلح استفاده می‌کردند. یکی از این دستگاهها تشکیل شده بود از یک مثلث فلزی که دو قلاب به دو انتهای یکی از ضلعهای آن لحیم شده بود (شکل ۱۲-۳). شاقولی، با یک وزنهٔ سربی در انتهای آن، به وسط همین ضلع وصل می‌شد. دو میلهٔ تراز، که هرکدامشان به درجه‌های تقریباً ۱۲ سانتی‌متری تقسیم شده بود، به وسیلهٔ دو دستیار به فاصلهٔ تقریباً ۷ متر از یکدیگر به طور قائم نگاه داشته می‌شد. سیمی به حالت کاملاً افقی بین این دو میله کشیده شده بود و مثلث فلزی را با دو قلابش به وسط این سیم آویزان می‌کردند. یک طرف سیم را روی میله‌اش آنقدر بالا و پایین می‌بردند تا خط شاغول درست از میان گوشهٔ پایینی مثلث بگذرد. در روش دیگری که مشابه روش قبلی بود، قطعهٔ چوب سختی به طول تقریباً

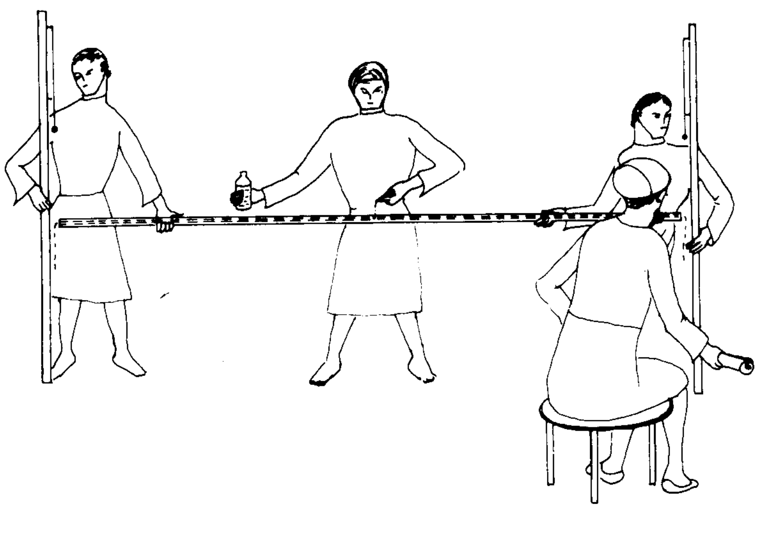


۱۲-۳ نوعی تراز مسّاحی دورهٔ اسلامی مرکب از یک مثلث فلزی و یک شاقول.

نیم متر را برمی‌گزیدند و آن را به وسیلهٔ متّه در جهت طولی سوراخ می‌کردند. یک آونگ فلزی را به نقطهٔ اتکایی در مرکز قطعه چوب متصل می‌کردند تا به عنوان شاغول از آن استفاده کنند. بعد قطعه چوب را به سیم می‌کشیدند و عمل تراز را همانند دستگاه قبلی انجام می‌دادند. در یک روش دیگر ترازیابی، نوعی لوله یا نی بلند و مستقیم را انتخاب می‌کردند و در وسط آن سوراخی به وجود می‌آوردند (شکل ۱۳-۳). آنگاه لوله را بین دو میلهٔ تراز به حالت افقی نگاه می‌داشتند و یکی از دستیاران آب را قطره قطره از سوراخ میانی لوله به درون آن می‌چکاند. هنگامی که مقدار آب خارج‌شده از هر دو لوله مساوی می‌شد، فرض را بر آن می‌گرفتند که لوله به حالت تراز قرار گرفته است.

به طور کلی، در هر روشی که به کار می‌بردند، اختلاف سطح بین دو نقطه را یادداشت می‌کردند، آنگاه میلهٔ عقبی را به نقطهٔ بعدی می‌بردند و کار از سر گرفته می‌شد. پس از آن‌که مسیر جاده را بدین طریق نقشه‌برداری می‌کردند، جمع جبری «بلندیها» و «پستیها»ی همهٔ مراحل، اختلاف سطح کلی بین مبدأ و مقصد را به دست می‌داد. به هنگام حفر آبراهه‌ها نیز از همین روشها برای تعیین شیب لازم استفاده می‌کردند.

برای یافتن ارتفاع و سمت یک شئ بسیار دور، نقشه‌برداران مسلمان از اسطرلاب استفاده می‌کردند. در پشت این دستگاه، در نیمدایرهٔ پایینی، نوعی



۱۳-۳ ترازبندی به وسیلهٔ یک لوله یا نی توخالی که آب درون آن می‌ریختند.

گونیا یا، در بعضی از موارد، دو گونیای جفت‌شونده وجود داشت. اسطرلابی که پیشتر در شکل ۱۹-۲ نشان داده شد، فقط دارای یک گونیاست و ضلعهای عمودی و افقی آن به ۱۲ بخش مساوی تقسیم شده‌اند. هنگامی که یک گونیای دوم هم موجود باشد، ضلعهای آن ممکن است به ۱۰ بخش یا اجزای دیگری تقسیم شده باشد. (انتخاب تعداد درجه‌ها وابسته به واحد رایج اندازه‌گیری طول است.) هنگامی که اسطرلاب به طور آزاد آویخته می‌شد، عِضاده یا «شعاع» را چنان تنظیم می‌کردند که شئ مورد نظر (شیئی که اندازه‌گیری ارتفاع آن مورد نظر بود) از سوراخ شعاع دیده شود. وقتی این کار صورت می‌گرفت، مثلث قائم‌الزاویه‌ای که به وسیلهٔ عضاده و دو ضلع گونیا در صفحهٔ اسطرلاب به وجود می‌آمد، امکان می‌داد که ارتفاع شئ مورد نظر یا فاصلهٔ آن، مشروط بر آنکه یکی از این دو معلوم باشد، از روی مقیاسهای درجه‌بندی‌شده به دست آید. با وجود این، اگر هیچکدام از این دو فاصله معلوم نبود، می‌توانستند آنها را از طریق نشانه‌روی به وسیلهٔ اسطرلاب از نقاط مختلف روی یک خط مستقیم تعیین کنند. و اگر اسطرلاب به طور افقی قرار می‌گرفت، می‌شد اشیای دوردست را از طریق سوراخها نشانه گرفت و سمتهای آنها را یادداشت کرد. هنگامی که اسطرلاب را با این روش به کار می‌گرفتند عملاً به صورت یک تئودولیت[92] [دوربین نقشه‌برداری] درمی‌آمد.

92) theodolite

كانت رماحهم علي اكتافهم فشوطهم لحث شديد فاذا فعلوا ذلك وقع المخالف
علي اصحاب الميسره فيخرجوا مخالفات ويخرجوا الذين لهم مثلهم ثم يخرجوا المبدين
خرجه ويديروا ناوردا او احدا ويقطع كل في ارضه



صورة عدة الفرسان يلعبون ناوردا ورماحهم على اكتافهم [illegible]

وهذا الميدان فهو حربي جيد كله وفيه يتبين الفارس الممارس لانه لا ينفلت من
هذا الميدان حربيا كان او ميدانيا الا كل حاذق واذا وقعت هذه الاشواط
وواحد من خلفه ورمحه من خلفه ورمحه علي كتفه فليرد يده الي العنان ويقبض
بكلتاهما علي عقب الرمح ويحطه من كتفه ويعطل من تحته ومن مشا في هذا الوجه

۴ تکنولوژی نظامی

۴-۱ رساله‌های نظامی عربی

پیش از به قدرت رسیدن ترکهای عثمانی، دو پیروزی نظامی بزرگ مسلمانان فتوحات اعراب در قرن اول هجری بود و، سپس، پیروزیهای سپاهیان ایوبیان و مملوکان در قرنهای ششم و هفتم هجری (دوازدهم و سیزدهم میلادی). در نخستین سالها، و در حقیقت، تا قرن ششم هجری کتاب یا رساله‌ای که دقیقاً مربوط به فنون نظامی و جنگی باشد در دنیای اسلام نوشته نشده است ـ هرچند در بعضی از اخبار و تذکره‌های مربوط به جنگها نام تنی چند از سرداران نامور در فنون نظامی ضبط شده است. بنابراین، علاقه‌مندان به مطالعه و تحقیق دربارهٔ تکنولوژی نظامی در نخستین پنج قرن توسعهٔ اسلام و نقش حیاتی آن در امور داخلی و خارجی، الزاماً باید به شرح جنگها و نبردهایی روی بیاورند که مورخان و وقایع‌نگارانی چون واقدی، بلاذری و طبری توصیف کرده‌اند. با توجه به گستردگی این دورهٔ زمانی پانصدساله و تفاوتهای اساسی تکنیکهای جنگی رایج در میان ملل و اقوام مسلمان، آشکارا می‌توان دریافت که چرا تاکنون نوعی تاریخ عمومی مسائل نظامی در جهان اسلام پدید نیامده است ـ البته، به استثنای چند تک‌نگاری ارزشمند، که از آن میان می‌توان اشاره‌ای داشت به رساله‌ای در باب سلاحهای عربستان پیش از اسلام (که بر اساس مطالعه و تحلیل دقیق اشعار دورهٔ جاهلیت نگاشته شده)، و پژوهشی دربارهٔ امور نظامی در زمان امویان.

۴-۱ اسب‌سوارهایی که در یک مسابقه شرکت دارند. نقش از یک رسالهٔ دورهٔ مملوکها دربارهٔ سوارکاری برای سواره‌نظام، قرن چهاردهم میلادی. کتابخانهٔ «بریتیش لایبرری»، لندن.

از پایان قرن ششم هجری (قرن دوازدهم میلادی) تا دو قرن پس از آن، رساله‌های نظامی گوناگونی تألیف شده است. بعضیها معتقدند که انگیزهٔ اساسی چنین آثاری ناشی از ضرورت رویارویی با جنگهای صلیبی بوده است. تردیدی نیست که روشهای نظامی هر دو طرف در این جنگها متأثر از

اوضاع و احوال نبردهایی بوده که بین آنها روی می‌داده است، ولی کمّ و کیف این تأثیرات متقابل موضوعی است که به دقت باید مورد بررسی قرار گیرد. درضمن باید به‌خاطر داشت که مسلمانان در طول قرنهای متمادی ناچار بوده‌اند که نه‌فقط در برابر سپاهیان مغرب‌زمین در اسپانیا، بلکه در برابر نیروهای امپراتوری بیزانس [روم شرقی] در آسیای صغیر بجنگند و، در عین حال، فشارهای دائمی مهاجمان چادرنشین مرزهای شمال شرقی خود را خنثی کنند. از این نظر، تصور می‌رود که ضرورت تدوین رساله‌های نظامی به‌احتمال قوی ناشی از عوامل دیگری بوده باشد که از میان آنها می‌توان خصلت تقریباً نظامی رهبری مملوکان و تهدیدهای ناشی از تهاجم مغولان را برشمرد.

این‌گونه رساله‌ها را معمولاً زیر سه عنوان طبقه‌بندی می‌کنند: فروسیه، به معنای سوارکاری به وسیعترین معنای کلمه؛ تیراندازی؛ و تاکتیک، به معنای سازماندهی نظامی و جنگ‌افزارها (در مورد رساله‌های مربوط به باروت و سلاحهای آتشین، به بخش ۸ رجوع فرمایید.) در زمینهٔ سه عنوان یادشده در بالا، تاکنون پنجاه رساله کشف شده است، و بی‌گمان بازهم رساله‌های دیگری در همین زمینه‌ها وجود دارد که به احتمال قوی در گوشه و کنار کتابخانه‌های دنیا پنهان مانده است. تعدادی از رساله‌های موجود کیفیتی صرفاً ادبی دارند و چندان دقتی در توضیح و تشریح واقعیتهای جنگی به خرج نداده‌اند، ولی بیشتر آنها در حقیقت جزوه‌هایی کاربردی برای راهنمایی عملی مسئولان آموزش نظامی سپاهیان تازه‌کار بوده است.

مهمترین رسالهٔ فُروسیه به وسیلهٔ استاد بزرگ مسابقات اسب‌سواری و پرتاب نیزه، نجم‌الدین ایوب الاحدب الرامه (وفات، ۶۹۴ هجری/ ۱۲۹۴ میلادی) تألیف شده است. این رساله که به نام کتاب الفروسیه فی رسم الجهاد (کتاب سوارکاری برای جهاد) خوانده می‌شود در سیزده نسخهٔ دستنویس وجود دارد که بسیاری از آنها مصور هم هست. این رساله در واقع مأخذ اصلی همهٔ آثاری بوده است که در سالهای بعد دربارهٔ تمرینهای سوارکاری، مسابقه‌های اسب‌دوانی و سواره‌نظام نوشته شده. کتاب جامع دیگری زیر عنوان نهایت‌السئل والامنیه فی تعلیم اعمال الفروسیه (نهایت سئوال و درخواست

[اطلاعات تکمیلی] در تعلیم اعمال سوارکاری) منتسب به محمد بن عیسی الاقصرایی است که تقریباً در ۸۰۰ هجری/ ۱۴۰۰ میلادی فعالیت داشته است. این رساله، که نُه نسخهٔ دستنویس از آن کشف شده، مهمترین منبع و مأخذ تمام کتابهایی شمرده می‌شود که به زبان عربی و در باب سازماندهی، آموزش، و اصول نظری مسائل نظامی در اسلام به رشتهٔ تحریر درآمده است (شکل ۱-۴).

رساله‌های مربوط به تیراندازی حاوی توضیحاتی در مورد انواع کمانها، طرز ساخت و کاربرد آنهاست و، در ضمن، شمه‌ای از هنرنماییهای کمانداران مشهور را نیز دربر دارد. قدیمی‌ترین نوشتهٔ موجود در زمینهٔ تیراندازی و کمانگیری کتابی است که در اصل به زبان فارسی نوشته شده و عنوان آن عبارت است از آداب الحرب و الشجاعه (آداب جنگ و شجاعت). مؤلف آن، فخر مدبّر، کتاب را به شمس‌الدین التومیش، سلطان دهلی (۶۰۸ - ۶۳۳ هجری/ ۱۲۱۱ - ۱۲۳۶ میلادی) هدیه کرده است، ولی شاید مهمترین مأخذ موجود به زبان عربی رساله‌های طیبوق البکلمشی (وفات ۷۹۷ هجری/ ۱۳۹۴ میلادی) باشد.

آثار مربوط به سومین مقوله ـ تاکتیکها ـ شامل موضوعهایی است مانند استحکامات و محاصره (شامل آلات و ادوات قلعه‌گیری)، اردو زدن، ایجاد حصار، جاسوسی و حیله‌های جنگی، آرایش جنگی، انواع فرماندهان و صفات آنها، و جز اینها. در این زمینهٔ آخری دو رسالهٔ مهم در اختیار داریم. نخستین آنها تبصیرات ارباب‌الالباب فی کیفیت النجات فی الحروب (راهنماییهای استادان فن در باب روشهای نجات در جنگها) است که به وسیلهٔ مرد ابن علی الطروزی برای صلاح‌الدین ایوبی نوشته شده است (تقریباً ۵۸۳ هجری/ ۱۱۸۷ میلادی). دومی، تذکرات الهراویه فی الحیل الحربیه (تذکرات قابل توجه در باب حیله‌های جنگی) است که به وسیلهٔ علی بن ابوبکر الهراوی (وفات، ۶۱۱ هجری / ۱۲۱۴ میلادی) نگاشته شده و بررسی وسیعی است در بیست و چهار مجلد در باب سپاه اسلامی در میدان کارزار و در حصر. تنها نسخهٔ موجود این اثر که در استانبول حفظ می‌شود به سال ۶۰۲ هجری (۱۲۰۵ میلادی) و، بنابراین، در زمان حیات خود مؤلف تحریر شده است.

۲-۴ سوارنظام

در نخستین قرن پس از اسلام (قرن هفتم میلادی) سوارنظام به صورت مجهزترین و پرشمارترین رسته‌های سپاه بیزانس (روم شرقی) درآمد. همچنین به نظر می‌رسد که ایرانیان با اسواران ویژهٔ خود، قادر بودند نیروها سوارنظام پرشمارتری، نسبت به اعراب، به میدان نبرد گسیل دارند، زیرا در نخستین سالهای گسترش اسلام، بخصوص پیش از فتح مکّه، تعداد اسبها در سپاه اعراب ناچیز بود. چنانکه مؤلف یکی از کتابهای مربوط به آداب فرماندهی شرح می‌دهد، میدانهای نبرد باز و هموار مناسب‌ترین محل برایِ استفاده از سوارنظام است. ولی اعراب هنگامی که دشمنان خود را به کارزار می‌خواندند دقیقاً از این نوع میدانها دوری می‌جستند. نبردهای سرنوشت‌ساز یرموک و قادسیه به وسیلهٔ پیاده‌نظام به پیروزی رسید. با این وصف، بعدها تعداد اسبها در سپاه اعراب فزونی گرفت و عُمر اول (خلافت از ۳۱ تا ۴۱ هجری/ ۶۳۴ تا ۶۴۴ میلادی) فرمان داد از هرکجا که ممکن باشد برای مقاصد نظامی اسب گرد بیاورند. در نتیجه، ۴۰۰۰ رأس اسب در کوفه گرد آوردند و در شمال سوریه چراگاهی برای سوارنظام عربی تربیت دادند. استراتژی اعراب به تدریج تغییر یافت، به نحوی که بخش اعظم سپاه عمروعاص که در سالهای ۹-۳۷ هجری/ ۲-۶۴۰ میلادی به تسخیر مصر پرداخت، متشکل از سوارنظام بود.

استفاده از سوارنظام در اسلام به دلایل دیگر نیز گسترش یافت. برای مثال، می‌توان از روی آوردن گروهیِ اسواران ایرانی به اسلام در هنگام فتح خوزستان به دست ابوموسی یاد کرد که در سالهای ۱۷ تا ۲۱ هجری (۶۳۸ تا ۶۴۲ میلادی) اتفاق افتاد. با این‌حال، واقعهٔ یادشده تنها یکی از مهمترین نمونه‌های ادغام سپاهیان غیرعرب در نیروهای اسلام بود. استخدام و ادغام سواران خراسانی، بِربِر، و ترک در نیروهای اسلام بیش از آن مستند و شناخته‌شده است که در اینجا نیازی به توصیف و تشریح بیشتری داشته باشیم. مهم آن است که همهٔ این اقوام و ملل گوناگون روشهای کارزار و اسلوب سوارکاری خاص خود را نیز به نیروهای نظامی اسلام وارد می‌کردند. در نتیجه، نامناسب خواهد بود اگر مدعی نوعی سبک و روش سوارکاری یکدست و مشخص در نیروهای اسلام

باشیم. با وجود این، شاید بی‌فایده نباشد که مختصری از مهارتهای جنگی سوارنظام دورهٔ مملوکان سخن بگوییم، زیرا دورهٔ مورد بحث یکی از حساس‌ترین لحظات تاریخ اسلام محسوب می‌شود.

سلاحهای سوارنظام مملوک عبارت بود از شمشیر، نیزه، کمان، سپر و گُرز. گرز را که کله‌ای مکعب‌شکل داشت و از آهن یا فولاد ساخته می‌شد، زیر بند رکاب می‌بستند. نیزه را به یک دست یا با دو دست می‌گرفتند و برای پرتاب آن، برخلاف آنچه در غرب معمول بود، نیز را نمی‌خواباندند یا پایین نمی‌آوردنا (ر.ک. بخش ۲-۴). تمرینها در طباق (جمع طبقه) انجام می‌گرفت (اطاقهای چوبی مخصوص مدرسهٔ نظام در دژ قاهره را چنین می‌نامیدند). وقتی مملوک به سن بلوغ می‌رسید، این تمرینها آغاز می‌شد، و به طور جدی و دقیق ادامه می‌یافت. تمرینهای آموزشی در سوارکاری آنقدر ادامه می‌یافت تا سوارکار بتواند، چه با اسب لخت و چه با اسب زین‌دار، حرکات یورتمه، تاخت چهارنعل، تاخت خوابیده و جهیدن بر اسب را با مهارت و تسلط کامل انجام

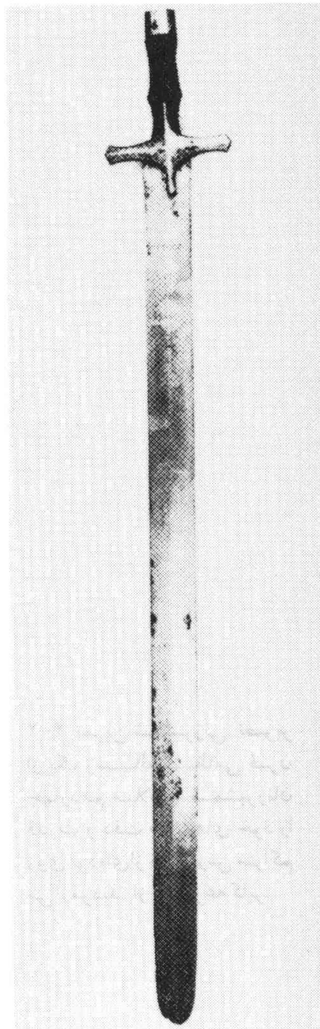


۲-۴ تمرین شمشیرزنی. تصویر از یک رسالهٔ نظامی قرن چهاردهم میلادی. شمشیرزنان قدرت و دقت ضربه‌های خود را روی توده‌ای از خاک رس متراکم می‌آزمودند. از مجموعه کایر.

دهد. او در ضمن می‌بایست بلد باشد که به هنگام بیماری اسب او را مداوا و مراقبت نماید. علاوه بر اینها، تمرین با کمان و نیزه بسیار مهم تلقی می‌شد. سوارکار می‌بایست قادر باشد آماج معینی را از زاویه‌های مختلف و با سرعتهای متفاوت با تیر وَ کمان و نیزه هدف قرار دهد. سوارکار مملوک باید از شمشیر خود نیز به همین نحو استفاده می‌کرد (شکل ۲-۴). کارآیی این روشهای جنگی بخصوص در پیروزیهای چشمگیر مملوکها بر سربازان جنگهای صلیبی و مغولان آشکار بود.

۳-۴ سلاحهای بُرنده

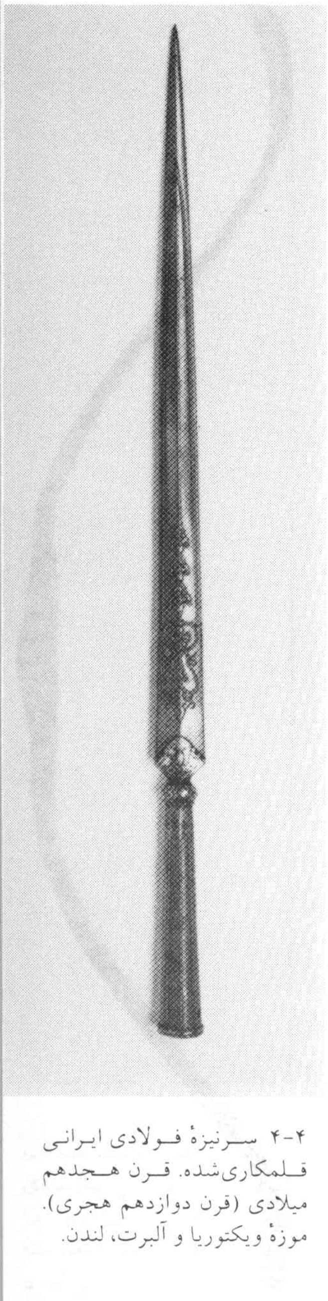
شمشیر، چه در سوارنظام و چه در پیاده‌نظام، سلاح اصلی رزمندگان اسلامی بود، و برای دفاع شخصی، جنگ تن به تن، و یا حملهٔ متقابل از آن استفاده می‌کردند. شمشیر ارزشمندترین سلاح جنگی شمرده می‌شد و در سرتاسر قرون وسطی، انواع گوناگون آن را با نامهایی خاص مشخص می‌کردند. در واقع، سپاهیان اسلامی دارای شمشیر ویژه‌ای نبودند، زیرا این سلاح از لحاظ نوع ساخت، درازا، و شکل در مناطق و نواحی مختلف تفاوت می‌یافت. در عربستان، یکی از مشخصات ویژهٔ هر قبیله درازای شمشیری بود که اعضای آن قبیله به کار می‌بردند. شمشیر خمیده که اغلب آن را منتسب به مسلمانان می‌دانند، بسی دیرهنگام به‌کار گرفته شد ــ احتمالاً در قرن هشتم هجری (قرن چهاردهم میلادی) ــ و در مورد تاریخ دقیق پیدایش آن نیز هنوز توافقی حاصل نشده است. رایج‌ترین نوع شمشیر در سرزمینهای اصلی اسلامی در قرون وسطی، که نمونه‌های فراوانی از آن نیز در تصویرها و در موزه‌ها نشان داده می‌شود، همان است که در تصویر ۳-۴ مشاهده می‌فرمایید. تیغهٔ شمشیر در فاصلهٔ تقریباً ۲۲ سانتی‌متری رأس آن دارای لبهٔ برندهٔ خمیده‌ای بود که مِضراب نامیده می‌شد، چون با همین قسمت بود که به هدف ضربه وارد می‌آوردند. قسمت عقب یا مَتن نیز در امتداد مضراب اندکی خمیده بود. قبضهٔ شمشیر دارای دگمه یا سیبکی روی نوعی دستهٔ چلیپاوار (کولاب) بود. قبضه‌ها را معمولاً از فولاد، عاج، آبنوس یا دیگر مواد سخت و مستحکم می‌ساختند.



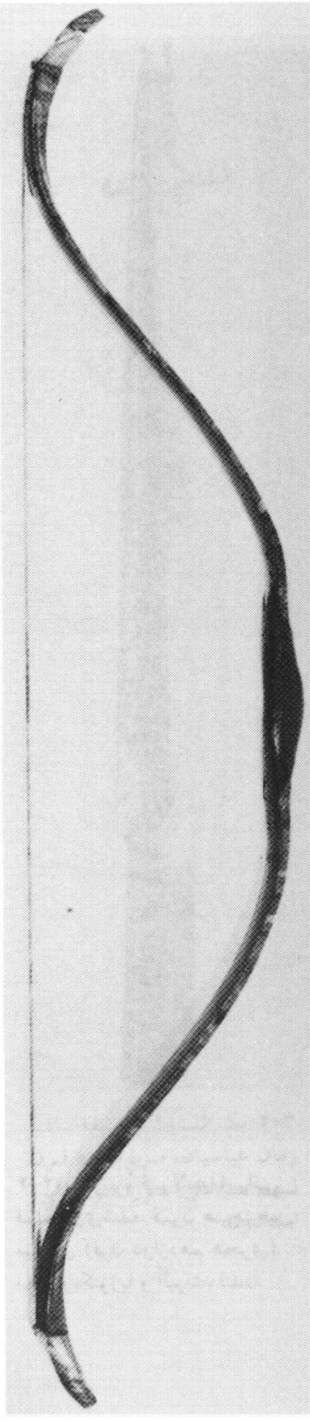
۳-۴ یک شمشیر تیغه‌صاف زمان عباسیان، مربوط به قرن نهم میلادی. موزه توپ‌قاپو، استانبول.

شمشیرها را در مراکز مختلفی می‌ساختند، ولی شمشیرهای هندی حتی در عربستان پیش از اسلام ـ و دوره‌های بعدی ـ رواج فراوان داشت. در نبرد یمّامه (۱۲ هجری/ ۶۳۳ میلادی) مخالفان سپاه اسلام مجهز به شمشیرهای هندی بودند و در آثار شاعران اسلامی اشاره‌های فراوانی به این سلاح دیده می‌شود. بنابراین، می‌توان حدس زد که شمشیرهای عربی مزیتهایی بر شمشیرهای هندی داشته‌اند. شاعر عرب، المتنبی (وفات، ۳۵۴ هجری/ ۹۶۵ میلادی) می‌نویسد: «تیغ هندی هراس‌آور است، و فولادین...» شمشیرهای یمن و دمشق نیز از شهرت فراوانی برخوردار بودند. (در فصل نهم خواهیم دید که چگونه شمشیرهای دمشقی در خود دمشق و اطراف آن با فولادی که با سنگ آهن محلی و در همان‌جا به عمل می‌آمد ساخته می‌شد و در زمان مملوکان، سوارنظام را تعلیم می‌دادند تا بتواند برحسب موقعیت، حریف را با ضربه‌های شمشیر خود بکشد یا فقط زخمی کند.

نیزه نیز از سلاحهای رایج در دنیای اسلامی بود (شکل ۴-۴). شمشیر سلاحی گرانبها بود، حال آنکه نیزه‌های ساده را می‌توانستند با تعبیه نوعی پیکان آهنین در نوک شاخه‌های صاف و مستقیم درختان بسازند. البته، نیزه‌های بلندتر با چوب مرغوب‌تر و مجهز به پیکانهای فولادی ساخت دمشق بسیار گران‌تر تمام می‌شد و به همین دلیل در دسترس مردم فقیرتر جوامع آن زمان قرار نداشت. میلهٔ این نوع نیزه‌ها راگاه با چوب خیزران می‌ساختند. در چنین مواردی نیزه را قنات می‌نامیدند. درازای نیزه‌ها متفاوت بود. طول کوتاهترین آنها از ۲ متر تجاوز نمی‌کرد، حال آنکه طول نیزه‌های بلند به ۷ متر یا بیشتر می‌رسید. مهمترین بخشهای نیزه عبارت بود از میله (متن)، پیکان (سنان) که به وسیلهٔ استوانهٔ مجوّفی روی میله تعبیه می‌شد، و نوعی غلاف فلزی در انتهای میله. دستورالعملهای کتبی برای کاربرد نیزه فراوان است و بیشتر آنها را استادان سوارکاری نظامی در زمان مملوکان نوشته‌اند. نجم‌الدین قواعد حَمله با نیزه را در ۷۲ بند خلاصه کرده است و در هر بند به تفصیل توضیح می‌دهد که نیزه را چگونه باید در دست گرفت و به هنگام حمله رو به دشمن نشانه رفت. تکنیک گرفتن نیزه با دو دست در آن زمان بسیار متداول بوده است (برخلاف روش «خواباندن» نیزه که در اروپا معمول بود). این گمان که روش دوم بر روش اول



۴-۴ سرنیزهٔ فولادی ایرانی قلمکاری‌شده. قرن هجدهم میلادی (قرن دوازدهم هجری). موزهٔ ویکتوریا و آلبرت، لندن.



رجحان دارد اخیراً مورد تردید قرار گرفته است و یکی از مورخان می‌نویسد: «کسی که از تکنیک حمله با دو دست جان سالم به‌در برده باشد، مسلماً توصیه خواهد کرد که دربارهٔ مزایای این روش بسی بیشتر از آنکه بعضیها فکر می‌کنند توجه و دقت نشان دهیم.»

البته، در زرادخانهٔ جنگاوران مسلمان سلاحهای دیگری هم وجود داشت که در اینجا بیش از اشاره‌ای فهرست‌وار بدانها کاری نمی‌توان کرد. زوبین نیزه‌ای کوتاهتر و سبکتر بود که به عنوان پرتابه از آن استفاده می‌کردند. خنجر را به کمر می‌بستند یا زیر لباس حمل می‌کردند و غلاف آن چرمی، چوبی یا فلزی بود. دربارهٔ گرز یا دَبوس هم پیشتر سخن گفتیم.

۴-۴ کمان معمولی و کمان فولادی

یکی از ویژگیهای تیراندازی در دنیای اسلام، در قیاس با غرب، حرمت و ارزش والایی بود که برای کمانگیران قائل می‌شدند. در غرب، چابکسواران (شوالیه‌ها) اعتنایی به تیر و کمان نداشتند و آن را درخور پیاده‌نظام نمی‌دانستند. پیشه‌ورانی هم که به ساختن تیر و کمان و دیگر تجهیزات مربوط به آنها می‌پرداختند از احترام زیادی برخوردار بودند. یکی دیگر از ویژگیهایی که کمانگیر اسلامی را از همتای غربی‌اش متمایز می‌ساخت، کاربرد کمان مرکب بود. کمانهای چوبی معمول در غرب در دنیای اسلام، بخصوص در عربستان، شناخته شده بود ولی کمان مرکب از نخستین فتوحات مسلمانان تا عصر رنسانس و فراسوی آن از سلاحهای استاندارد سپاهیان اسلام بود.

کمان مرکب تاریخچه‌ای دور و دراز در پس دارد. چه در مصر باستان هم با آن آشنایی داشتند. با این وصف، گمان می‌رود که این نوع کمانها در جریان فتح ایران ساسانی به زرادخانهٔ اعراب راه یافته باشد، چه در ایران باستان این نوع کمانها فراوان به کار برده می‌شد. ساخت کمان در طول قرنهای متمادی تغییرات زیادی به خود دیده و جزئیات آن از منطقه‌ای به منطقهٔ دیگر تفاوت می‌یافته است، ولی کمانی که تصویر آن در شکل ۵-۴ آمده است، الگوی عادی این سلاح محسوب می‌شود و در واقع سلاح استاندارد سپاهیان دورهٔ ایوبیان و

مملوکان بوده است. ساخت این نوع کمان، که پیش از اختراع سلاحهای آتشین مؤثرترین جنگ‌افزار موجود بود، به مهارت زیادی نیاز داشت. متأسفانه در اینجا فرصت آن نیست که روشهای جالب و پیچیدهٔ طراحی و ساخت کمان را شرح دهیم. فقط می‌توانیم گفت که کمان متعارف متشکل بود از نوعی مغزی چوبی درونی، با پوستهٔ شاخی محافظی در طرف روبه‌روی کمانگیر و نوعی لایهٔ خارجی استحکام‌بخش از جنس زردپی. کمان نوعی «بازتاب»[۹۳] است، بدین معنا که انحنای آن پیش از ساخته و پرداخته شدن در جهت مخالف انحنای آن پس از ساخته شدن است. هنگامی که کمان را زه می‌انداختند، طبعاً در اثر کشش زردپی و فشرده شدن در پوستهٔ شاخی تحت نوعی فشار قبلی قرار داشت، و همین امر به میزان زیادی بر قدرت سلاح می‌افزود. زه کمان را اغلب با تارهای ابریشمی می‌ساختند.

سازندهٔ تیرها نیز صنعتکاری زبردست بود. تیرها را از نی یا از چوب می‌ساختند، ولی نی ارجحیت داشت. پیکانهای تیر، برحسب مورد، به اشکال و اندازه‌های مختلف ساخته می‌شد. پره‌های تیر را، به قصد کاهش نیروی پسا[۹۴] به حداقل ممکن، معمولاً با پرهای ریز پرندگان شکاری می‌ساختند. تجهیزات فرعی تیر و کمان شامل ترکش و حلقهٔ فلزی برای انگشت شست. ناگفته نماند که تیراندازان مسلمان برای کشیدن زه کمان معمولاً حلقه به کار نمی‌بردند و از شست خود استفاده می‌کردند. برای ورود به رستهٔ تیراندازان تمرینهایی طولانی لازم بود، ولی در عوض سوارنظام مجهز به تیر و کمان در سپاهای اسلامی نیروی سهمگینی محسوب می‌شد. بُرد کمانهای آنها ۵۰۰ متر یا بیشتر بود، و از فاصلهٔ ۱۵۰ متری تیرهای آنان، اگر از پیکانهای خاصی که مقطع سه‌گوش داشت استفاده می‌کردند، حتی زره‌های مشبک و ریزبافت دشمن را نیز سوراخ می‌کرد.

کاربرد کمان فولادی پیش از اواسط قرن ششم هجری (دوازَدهم میلادی)، در میان مسلمانان مرسوم نبود، ولی حتی پس از این تاریخ نیز آن را بیشتر برای محاصرهٔ قلعه‌ها و تیراندازی از فراز کشتی مناسب می‌دانستند، نه برای پیاده‌نظام.

۴-۵ نوعی کمان مرکب مملوکهای سوریایی. بازسازی به وسیلهٔ ادوارد مك‌ایون با استفاده از مختصات وصف‌شده در یک متن دستنویس قرن چهاردهم میلادی (قرن هشتم هجری).

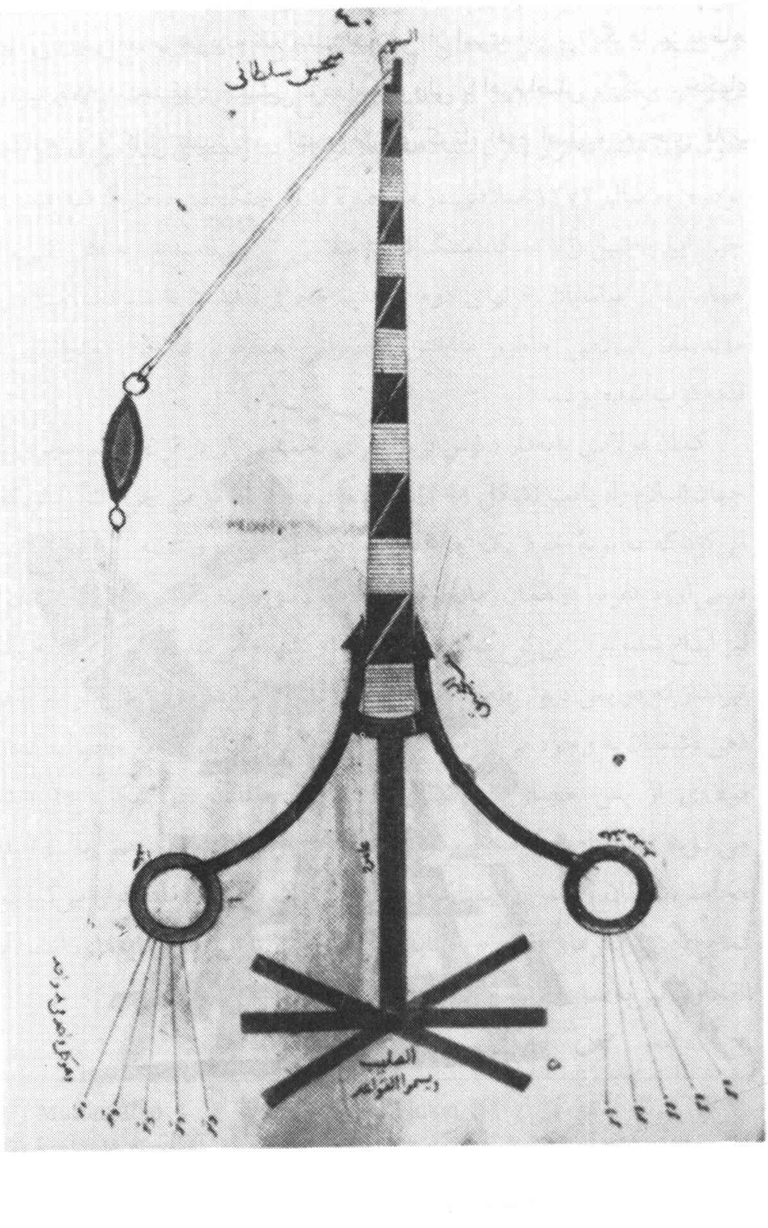
93) reflex 94) drag

این نوع کمان را به راحتی نمی‌شد به کار گرفت. کشیدن زه آن نیروی زیادی لازم داشت و تیراندازی با آن از پشت اسب کاری پردردسر بود. با این‌حال، در اواخر قرون وسطی، در اسپانیای اسلامی، آن را به هرنوع کمان دیگر ترجیح می‌دادند. کمان فولادی را بَه عربی قوس الرجل می‌نامیدند (به معنای تحت‌اللفظی «کمان پایی») و در زبانهای فارسی و ترکی و گاه عربی آن را زنبورک می‌خواندند. یک نوع از این کمانها دارای رکابی بود که تیرانداز یک پای خود را در آن می‌گذاشت و زه را به وسیلهٔ قلابی که در انتهای یک قطعه طناب مستحکم استوار می‌شد، می‌کشید. نوع دیگری از کمانهای فولادی وجود داشت که برای کشیدن زه آن از نوعی چرخ لنگرکش استفاده می‌کردند (رجوع فرمایید به بخش بعدی).

۴-۵ آلات و ادوات محاصره

توپخانهٔ قرون وسطی عبارت بود از ماشینهای گوناگونی که از شاه‌تیرهای مقاوم استفاده می‌کردند و، به طور کلی، با منجنیقها و سنگ‌افکن‌های زمان باستان تفاوت بسیار داشت. در سنگ‌افکن‌های باستانی برای تولید نیروی پرتاب معمولاً از قابلیت ارتجاع و حالت فنری چوب یا الیاف تاب‌داده‌شده استفاده می‌کردند. این نوع پرتابگر، که منجنیق کششی نیرومندی بود (شکل ۶-۴)، در اواخر قرن اول هجری (قرن هفتم میلادی) از چین و از راه آسیای مرکزی به دنیای اسلام وارد شد. این آلت عبارت بود از نوعی اهرم یا دَگل چوبی که روی تیرهای حمال در بالای دو برج چوبی قرار می‌گرفت. در انتهای بازوی کوتاهتر اهرم نوعی لولای اتصال تعبیه کرده بود که چند قطعه طناب به آن متصل می‌شد. در پاره‌ای از موارد، این لولای اتصال عبارت بود از قطعه‌ای چوب سخت و محکم (ر.ک. شکل ۹-۴)، ولی در نمونه‌ای که اینجا به شما عرضه می‌شود، وسیلهٔ اتصال از جنس آهن است و به دو پایه تقسیم می‌شود که هرکدام از آنها نیز به حلقه‌ای ختم می‌گردد. در انتهای دیگر اهرم نوعی کابل قلاب‌دار با محفظه‌ای برای پرتابه وجود داشت. یک انتهای این کابل به سطح زیرین اهرم اصلی متصل می‌شد و انتهای دیگر آن، که به صورت حلقهٔ کمند بود، روی برآمدگی خاصی که در انتهای اهرم وجود داشت می‌لغزید. تیم کاردیده‌ای مرکب از سپاهیان،

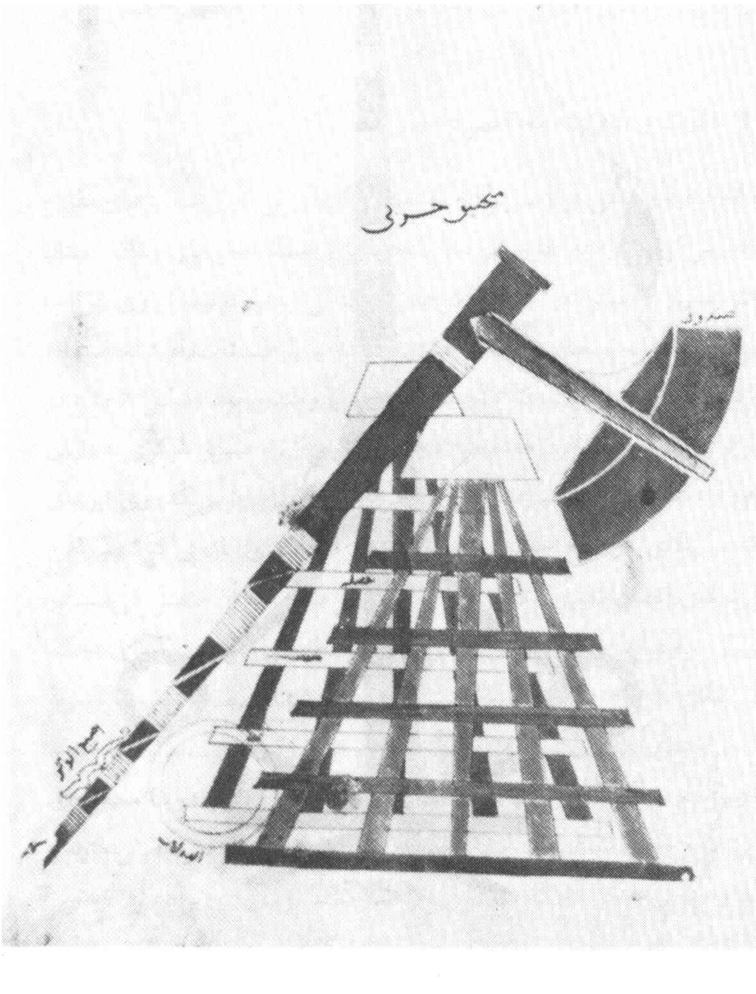
هنگامی که «توپچی» پرتابه را در محفظهٔ خاص آن قرار می‌داد، سر طنابها را در دست داشتند. وقتی «توپچی» علامت می‌داد، متصدیان مربوطه طنابها را می‌کشیدند و «توپچی» در لحظهٔ معین محفظهٔ پرتابه را آزاد می‌کرد. هنگامی که اهرم در نوسان رو به بالای خود به نقطهٔ معینی می‌رسید، حلقهٔ کابل از روی



۶-۴ نوعی منجنیق کششی برای پرتاب سنگ یا محموله‌های آتشزا. در این تصویر، دستگاه را بدون تکیه‌گاههای آن نشان داده‌اند. از یک دستنوشتهٔ قرن ۱۴ میلادی، موزهٔ توپ‌قاپو، استانبول.

برآمدگی فوق‌الذکر به خارج می‌لغزید و پرتابه رها می‌شد. وزن این پرتابه به ۵۰ کیلوگرم می‌رسید و برد آن در حدود ۵۰ متر بود.

نیرومندترین پرتابگرهایی که بر اساس وزنهٔ تعادل عمل می‌کردند (شکل ۴-۷) در نیمهٔ دوم قرن ششم هجری (دوازدهم میلادی) در سپاه اسلام به کار گرفته شد. منشأ اصلی این نوع منجنیق هنوز به درستی معلوم نشده است. ولی قرائن و شواهد موجود به نفع منشأ اسلامی آن است. این پرتابگرها نیز به‌ظاهر شبیه همان منجنیقهای کششی بوده است، ولی با اهرم اصلی بزرگتر، برجکهای مقاوم‌تر، و کابل بلندتر. در انتهای بازوی کوتاه اهرم اصلی، به جای قلاب



۴-۷ نوعی منجنیق با وزنهٔ تعادل، برای جهاندن پرتابه‌های سنگین. قرن چهاردهم میلادی، موزهٔ توپ‌قاپو، استانبول.

اتصال طنابها، صندوقی پر از سرب یا سنگ قرار داشت. کشش دستگاه به عقب به وسیلهٔ نوعی جرثقیل کابلی کوچک انجام می‌گرفت که در شکل به صورت دایره‌ای در سمت چپ پایین تصویر نشان داده شده است. طناب این جرثقیل کوچک به بازوی بلندتر اهرم اصلی متصل بوده است. برای به‌حرکت درآوردن این ماشین جنگی، «توپچی» طنابی را که به قلاب مخصوصی متصل بوده می‌کشیده است. وزن پرتابه‌های این دستگاه به ۲۳۰ کیلوگرم می‌رسیده، و بُرد مؤثر آن در حدود ۳۰۰ متر بوده است. این نوع منجنیق مجهز به وزنهٔ تعادل در طول قرن هفتم هجری (قرن سیزدهم میلادی) در سرزمینهای اسلامی بسیار رایج بود، و به سال ۱۲۷۲ میلادی در محاصرهٔ فان- چنگ نیز به‌کار گرفته شد. در چین این ماشین را «دستگاه سنگ‌افکن اسلامی»[۹۵] می‌نامیدند. به طور کلی، از همان زمان عباسیان (قرنهای دوم تا هفتم هجری/ هشتم تا سیزدهم میلادی) مهندسان اسلامی مأمور ساختن تجهیزاتی همچون فلاخن، منجنیق، و قلعه‌کوب شده بودند.

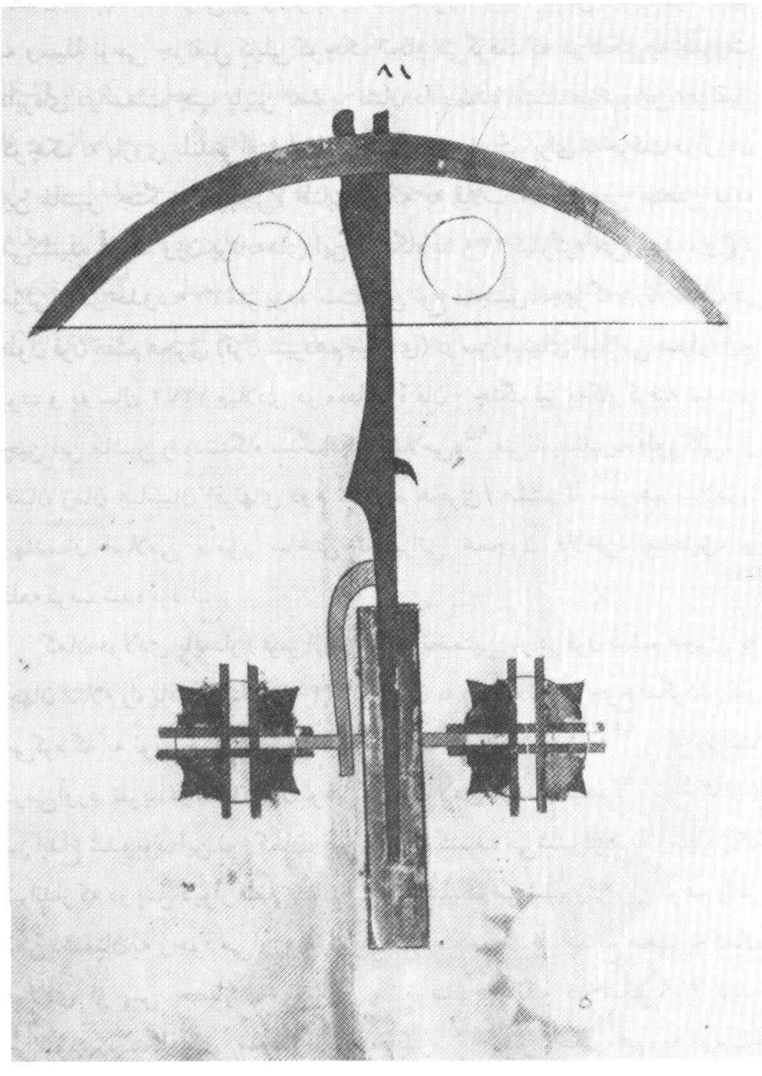
کمان فولادی پایه‌دار (قوس‌الزیار) برای نخستین بار در قرن ششم هجری به جهان اسلام راه یافت (شکل ۸-۴). این کمان به وسیلهٔ نوعی چرخ لنگرکش کار می‌کرد که به نوبهٔ خود یک چرخدندهٔ مرکب از پینیون و شانه[۹۶] را به حرکت درمی‌آورد. تقریباً در همان زمان نوعی کمان فولادی «چندپیکانه»[۹۷] (چرخ کمان) نیز ابداع شده بود. این نوع کمان، پس از آنکه کشیده می‌شد، فقط به وسیلهٔ یک تیرانداز که در پس دیوار قلعه پنهان می‌ماند شلیک می‌شد، ولی این توهم را در ذهن دشمنان به وجود می‌آورد که نه یک نفر، بلکه چند نفر مدافع مجهز به کمان فولادی از پس حصار به‌تیراندازی مشغولند. چنانکه در شکل ۹-۴ دیده می‌شود، دستگاههای مخصوص محاصره در عین حال هم به وسیلهٔ محاصره‌شدگان و هم به وسیلهٔ محاصره‌کنندگان مورد استفاده قرار می‌گرفت. تمام این پرتابگرها، علاوه بر پرتابه‌های جامد می‌توانستند پرتابه‌های آتشزا یا انفجاری نیز به سوی دشمن بفرستند.

---

95) Muslim Pho

96) Rack-and-Pinion

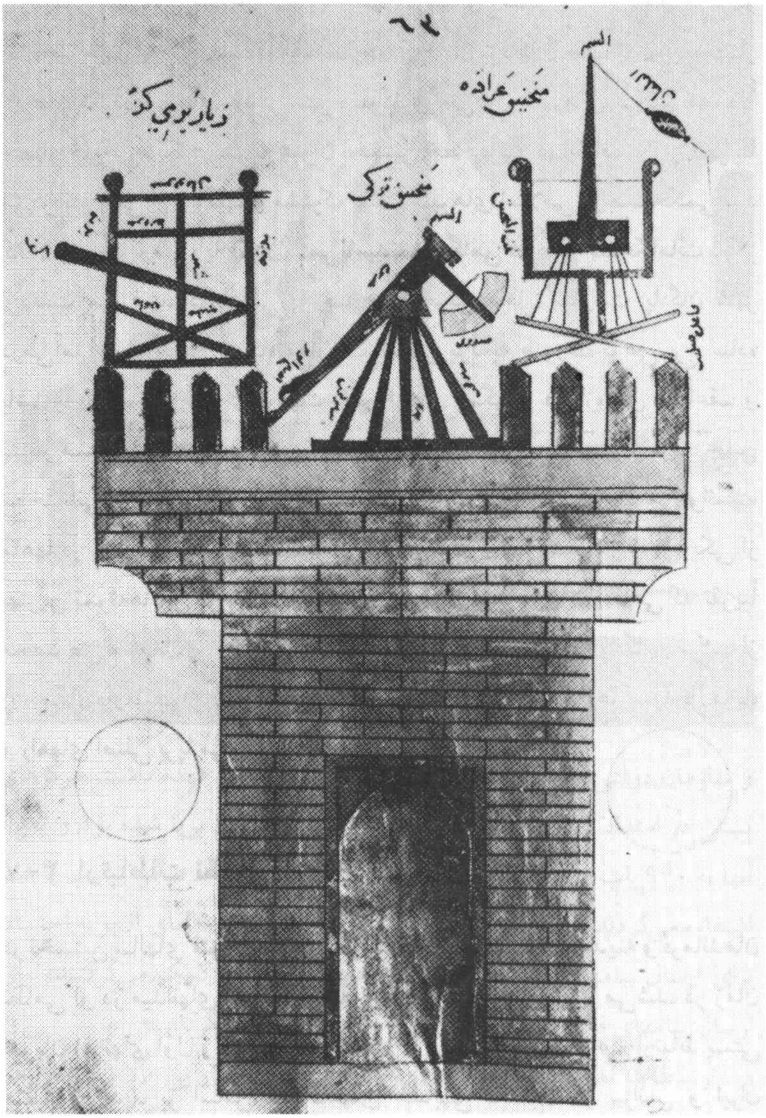
97) multiple shot



۴-۸ نوعی کمان‌فولادی پایه‌دار. چرخهای کشش در دو طرف محوری که قنداق کمان را قطع می‌کند دیده می‌شود. چرخدندهٔ پینیون به طور کمرنگ در سمت راست پایین تصویر نشان داده شده‌است. قرن چهاردهم میلادی. موزهٔ توپ‌قاپو، استانبول.

۴-۶ استحکامات

در عربستان پیش از اسلام، سنت ایجاد استحکامات وجود نداشت، چون تنها شهری که در آن سرزمین دیوارهایی نسبتاً قابل توجه داشت، شهر طائف در حجاز بود. بنابراین، طبیعی بود که اعراب روشهای معمول در سرزمینهای فتح‌شده را برای ساختن استحکامات بپذیرند. در قرنهای بعدی، به همان نسبت



۴-۹ آلات و ادوات محاصره بر فراز برج. در سمت راست، نوعی منجنیق کششی (منجنیق عراده). در وسط، نوعی منجنیق با وزنهٔ تعادل (منجنیق ترکی). در سمت‌چپ، نوعی‌دستگاه‌پرتابگر که نیروی آن از طریق تابیدن کابل مویی یا زه‌های مستحکم تأمین می‌شد (زیار). قرن چهاردهم‌میلادی (هفتم‌هجری). موزهٔ توپ‌قاپو، استانبول.

که معماری نظامی گسترش و تکامل می‌یافت، ارتباطهای بیشتری نیز به طور متقابل بین بیزانس، اسلام، و غرب به وجود می‌آمد و افکار و عقاید از منطقه‌ای به منطقهٔ دیگر نفوذ می‌کردند. در چنین شرایطی، هرگونه پیشرفت درتکنیکهای محاصره معماران نظامی را وامی‌داشت تا پیوسته در پی یافتن راههایی برای دفاع بهتر و مؤثرتر باشند.

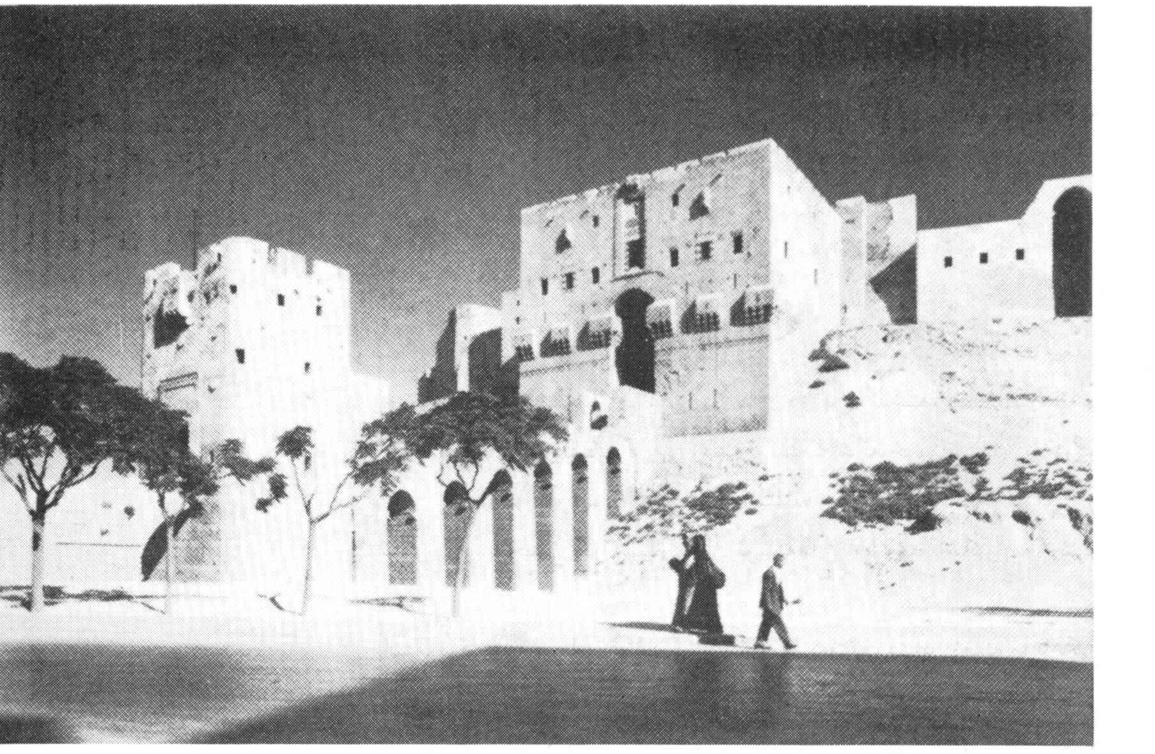
بیشتر شهرهای اسلامی دارای حصار بودند و اغلب نهر یا خندقی هم در خارج از حصار وجود داشت. اهمیت خندق در آن بود که از نقب زدن زیر حصار یا خالی کردن پی‌های دیوار شهر جلوگیری می‌کرد. شهرهای بزرگتر معمولاً حصار خارجی دیگری هم به عنوان نخستین خط دفاعی در اطراف دیوار شهر بنا می‌کردند. یکی از ویژگیهای مشترک بیشتر شهرهای اسلامی دژ مستحکمی بود که آن را حصن، قلعه، یا قهندز[98] می‌نامیدند. هنگامی که همهٔ استحکامات دیگر از دست می‌رفت، دژ اصلی به صورت آخرین محل مقاومت پادگان شهر درمی‌آمد. این آخرین پایگاه مقاومت ممکن بود به صورت نوعی برج ساده باشد یا به صورت قلعه‌ای پرابهت با دیوارهای سنگی و دروازه‌های مضاعف و بسیار مستحکم در بالای نوعی مسیر ورودی شیب‌دار پشت دیوار شهر. چنین ساختمانی با تأسیسات آبرسانی مستقل و انبارهای آذوقهٔ خود می‌توانست ماهها در برابر محاصره‌کنندگان تاب بیاورد. قلعهٔ حَلَب (شکل ۱۰-۴) یکی از بهترین نمونه‌ها این نوع دژها بود. یکی دیگر از استحکامات دفاعی که تقریباً مخصوص مسلمانان بود رباط نام داشت. رباط قلعه‌ای بود که پادگانی مرکب از رزمندگان داوطلب از آن دفاع می‌کردند، و معمولاً در امتداد مرزها، سواحل دریا، و راههای اصلی برپا می‌شد.

۴-۷ ارتباطات نظامی

در نخستین سالهای فتوحات اعراب، ارتباطات بین خلیفه در مدینه و فرماندهان نظامی او در میدانهای نبرد به وسیلهٔ پیکهای شترسوار برقرار می‌شد. در زمان امویان (قرنهای اول و دوم هجری/ هفتم تا هشتم میلادی) نوعی ارتباط پستی منظم (بَرید)، بر اساس دستگاههای مشابهی که قبلاً در بیزانس و ایران ساسانیان وجود داشت، برقرار شد. برید، که برای انتقال همه نوع اطلاعات، اعم از نظامی و غیرنظامی، مورد استفاده قرار می‌گرفت، در زمان عباسیان در بغداد به اوج کارآیی خود رسید (قرنهای دوم تا هفتم هجری/ هشتم تا سیزدهم میلادی)،

---

۹۸) معرّب اصطلاح «کُهن‌دژ» فارسی است. - م.



۴-۱۰ قلعهٔ حَلَب. نمایی از دروازهٔ پایینی، شیب مجهز به استحکامات، و دروازهٔ بالایی، با بخشی از دیوار اصلی قلعه در پشت آن. بیشتر قسمتهای این قلعه در قرن سیزدهم میلادی (قرن هفتم هجری) بازسای شده بود و بعدها هم قلعه از نو بازسازی شد.

و سازمان دولتی خاصی مسئولیت خدمات پستی را بر عهده داشت. مرکزهای پستی در امتداد تمام راههای اصلی سرزمینهای اسلامی برپا شده بود و تعداد آنها به ۹۳۰ باب می‌رسید. پیکها در ایران از قاطر، و در نقاط دیگر از اسب یا شتر استفاده می‌کردند. در قرن سوم هجری (قرن دهم میلادی) خلفای آل‌بویه احتمالاً برای ارسال پیامهای محرمانه از «دونده»های مخصوص کمک می‌گرفتند. برای ارسال پیامهای فوری معمولاً از کبوتر نامه‌بر استفاده می‌کردند.

ارتباطات نظامی، بخصوص در زمان مملوکان از کارآیی بالایی برخوردار بود (قرنهای هفتم تا سیزدهم هجری/ سیزدهم تا شانزدهم میلادی). مراکز پستی درتمام راههای اصلی از قاهره تا اسکندریه، دمیاط، و مصر علیا، و همچنین در امتداد جاده‌هایی که از پایتخت به دمشق، حلب و کناره‌های فرات منتهی می‌شد، برقرار بود. هنگامی که مملوکان در مرزهای شمالی خود با مغولان درگیر شدند، شبکه‌ای از برجهای دیده‌بانی برقرار شد که از کناره‌های فرات، و از طریق پالمیر،

دمشق، و نابلس، تا غزّه امتداد می‌یافت. هنگامی که خطری بروز می‌کرد، خبر آن را با روشن کردن آتش بر فراز برجهای یادشده، منزل به منزل، به مقصد اصلی می‌رساندند. کبوتر نامه‌رسان نیز در زمان مملوکان رواج فراوان داشت و برجهای کبوتر در بسیاریِ از مناطق مصر و سوریه این وظیفه را انجام می‌دادند.

۸-۴ سلاحهای آتشزا، باروت و توپ

موضوع سلاحهای آتشزا یا «آتش نظامی»، باروت و توپ یکی از مباحث عمدهٔ تاریخ تکنولوژی را تشکیل می‌دهد. در طول دو قرن گذشته، آنقدر گزارشها و کتابها و مطالب ضد و نقیض در این زمینه نوشته شده که خواننده بکلی سردرگم می‌شود. بخصوص در مورد باروت و استفاده از توپ، احساسات ملی و پیشداوریهای شخصی در بسیاری از نوشته‌های موجود آشکارا به چشم می‌خورد.

البته، درک علل این امر چندان دشوار نیست. به‌واقع، در این زمینه ما با یکی از مهمترین اختراعهای تمام دورانها مواجهیم که نقطهٔ عطفی کم‌نظیر در سرتاسر تاریخ محسوب می‌گردد ـ نقطهٔ عطفی که جریان تاریخ را به میزانی حتی شدیدتر از سلاحهای هسته‌ای تغییر داده است. ولی، برخلاف بمب هسته‌ای که ظهوری ناگهانی و برق‌آسا داشت، پیدایش و گسترش باروت به‌کندی صورت گرفت و با حرکتی آرام از چین به سرزمینهای اسلامی رسید و از آنجا به اروپا راه یافت. در مجموع، توسعهٔ مؤثر و کاربرد آن چند قرن وقت گرفت.

۴-۸-۱ سلاحهای آتشزا

از آغاز تاریخ اسلام، سلاحهای آتشزا به مناسبتهای مختلف، چه در کشمکشهای داخلی و چه در برخورد با امپراتوری بیزانس، به کار گرفته می‌شد. نیروهای نظامی اسلامی در زمان خلافت عباسیان (قرنهای دوم تا هفتم هجری/ هشتم تا سیزدهم میلادی) واحدهای ویژه‌ای به نام نفت‌اندازان (نفّاطون) در اختیار داشتند که دارای جامه‌های ضدآتش بودند و مواد آتشزا به سوی دشمن پرتاب می‌کردند (شکل ۱۱-۴). آتش جنگی از زمانهای باستان در خاور نزدیک به‌کار



۴-۱۱ تصویری از یک رسالهٔ نظامی که سربازانی از رستهٔ آتش‌افکن را نشان می‌دهد. بالا، سربازانی با لباسهای ضد آتش، مجهز به ترقه‌های آتشزا، و در پایین، سربازان مجهز به فشفشه. قرن چهاردهم میلادی (قرن هشتم هجری)، مجموعهٔ کایر.

می‌رفته است و علت هم تراوش طبیعی نفت در این سرزمینها بوَد. ولی در زبان عربی، واژهٔ «نفت» به هرنوع مادهٔ آتشزا، اعم از نفتی و غیرنفتی، اطلاق می‌شد. مواد آتشزایی که در جنگهای پیش‌از اسلام به‌کار می‌رفت عبارت بودند از: (الف) نفت‌مایع، که در عراق، ایران، و سواحل دریای‌خزر یافت می‌شد؛ (ب) قیر مایع؛ (پ) مخلوط قیر مایع، صمغ کاج و گوگرد؛ (ت) مخلوط آهک زنده و گوگرد که

در تماس با آب مشتعل می‌شد، و (ث) مخلوطهای آهک زنده و گوگرد با دیگر مواد قابل اشتعال مانند قیر طبیعی، صمغ، نفت، و غیره که در تماس با آب مشتعل می‌شدند. پس از ظهور اسلام نیز همهٔ این مواد همچنان به‌کار می‌رفت، ولی پس از قرن دوم هجری (قرن هشتم میلادی) تحولات تازه‌ای رخ داد.

در حدود سال ۵۴ هجری (۶۷۳ میلادی)، یک معمار سوریایی اهل بعلبک به نام کالینیکوس به روم شرقی (بیزانس) گریخت. این رویداد کمتر از چهل سال پس از پا گرفتن حکومت عرب در سوریه، و درست پیش از محاصرهٔ قسطنطنیه (استانبول) در همان سال به وسیلهٔ مسلمانان بود. ظاهراً کالینیکوس اسرار نوعی سلاح آتشزای جدید را با خود به بیزانس برده بود، و همین سلاح به امپراتوری روم شرقی امکان داد که قرنهای متمادی نه فقط در برابر مسلمانان بلکه در برابر حملات اروپاییها و اسلاوها از پایتخت خود دفاع کنند. بدین ترتیب، تا فتح قسطنطنیه به دست عثمانیهای مسلمان در سال ۸۵۷ هجری (۱۴۵۳ میلادی)، بیزانس از هرگونه تعرض مصون ماند. این سلاح جدید را جنگجویان صلیبی «آتش یونانی» نامیدند ــ گو اینکه خود بیزانسی‌ها هرگز آن را «یونانی» ننامیدند.

تسلط مسلمانان بر هنر تقطیر (ر.ک. فصل ششم)، همراه با مهارتهای فنی تمدنهای پیش از اسلام که به ارث برده بودند و کنترلی که بر منابع نفت اِعمال می‌کردند، به پیدایش و تکامل سلاحهای آتشزای پرقدرت‌تری انجامید که تا آن زمان سابقه نداشت. یکی از مهمترین عوامل مؤثر در نبردهای صلیبی از زمان صلاح‌الدین ایوبی در قرن ششم هجری (دوازدهم میلادی) تا سقوط عکّا در حدود ۱۲۰ سال بعد، کاربرد سلاحهای آتشزا بود.

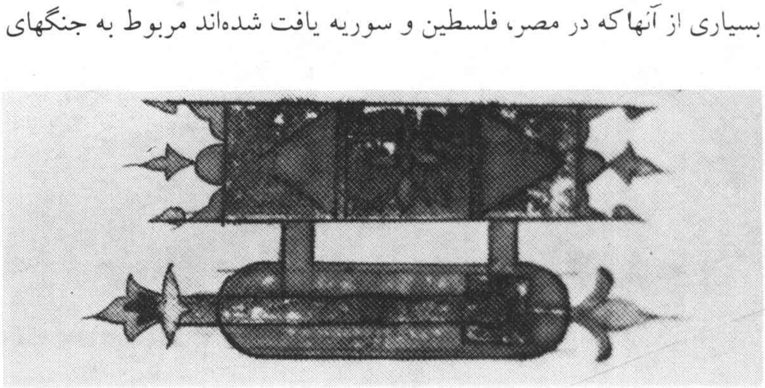
بسیاری از مورخان کوشیده‌اند تا ترکیب دقیق این مواد آتشزا را کشف کنند. آنان توافق دارند که مواد مذکور، علاوه بر مخلوطهایی که در بالا بدانها اشاره کردیم، حاوی مادهٔ ناشناختهٔ دیگری هم بوده است که کارآیی آنها را سخت افزایش می‌داده است. از تجزیه و تحلیل آثار و شواهد تاریخی و باستان‌شناختی چنین برمی‌آید که مادهٔ مذکور باید چیزی شبیه به شورهٔ قلمی بوده باشد. گروه معدودی هم بر این عقیده‌اند که رمز سلاح مورد بحث در کاربرد مقداری نفت تقطیرشده بوده است. از تحلیل منابع عربی چنین برمی‌آید که این هر دو عقیده کاملاً درست است. نفت تقطیرشده یکی از عناصر مهم مخلوط آتشزا بوده است،

ولی شوره هم به عنوان یک عنصر مهم دیگر در مخلوط وجود داشته است. در حال حاضر، مسلم شده است که عمل تقطیر از همان نخستین سالهای علم اسلامی فرایندی رایج بوده است، ولی در مورد کاربرد شوره، همان طور که اندکی دورتر خواهیم دید، هنوز مطلب به درستی روشن نیست.

برای پرتاب مواد آتشزا از روشهای گوناگونی استفاده می‌کردند. یکی از آنها استفاده از وسیله‌ای بود که «سیفون» یا «آب‌فشان» نامیده می‌شد. (زرّاقه، مِزرق، نفّاطه). این دستگاه نوعی تلمبهٔ پیستونی برنزی بود که از افشانک آن مایع قابل اشتعالی افشانده می‌شد (شکل ۱۲-۴). آتشزنه‌ای به نام وَرده (به مفهوم تحت‌اللفظی: گل‌سرخ) در نوک افشانک تعبیه شده بود که به هنگام کار دستگاه روشن می‌شد: «شعلهٔ جهنده‌ای (شهاب) از سوراخ افشانک خارج می‌شد و دشمن را می‌سوزاند.» ولی رایج‌ترین روش کاربرد جنگ‌افزارهای آتشی عبارت بود از پر کردن محفظه‌های به اندازه‌های مختلف با نفت یا دیگر مواد قابل اشتعال و، سپس، نصب آنها روی چوبه‌های تیری که با کمان پرتاب می‌شد، یا ریختن آنها در نارنجکها یا کوزه‌هایی که می‌شد آنها را با دست، با منجنیق، یا با فشفشه پرتاب کرد.

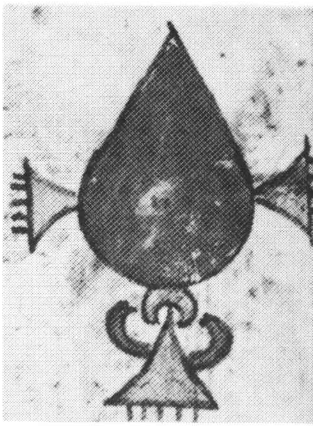
۴-۸-۲ نارنجکها و کوزه‌های آتشین

اندازهٔ محفظه‌های آتشزا از کوزه‌های بسیار کوچک تا کوزه‌های بزرگ تفاوت می‌یافت و هریک از آنها دارای اسم و عنوان خاصی بود. یکی از اندازه‌های رایج، نارنجک کرّاز بود که از جنس شیشه یا در بیشتر موارد از گِل رس ساخته می‌شد. بسیاری از آنها که در مصر، فلسطین و سوریه یافت شده‌اند مربوط به جنگهای



۱۲-۴ «سیفون» یا «آب‌فشان» برای افشاندن مایع آتشزا. قرن چهاردهم میلادی (قرن ششم هجری)، موزهٔ توپ‌قاپو، استانبول.

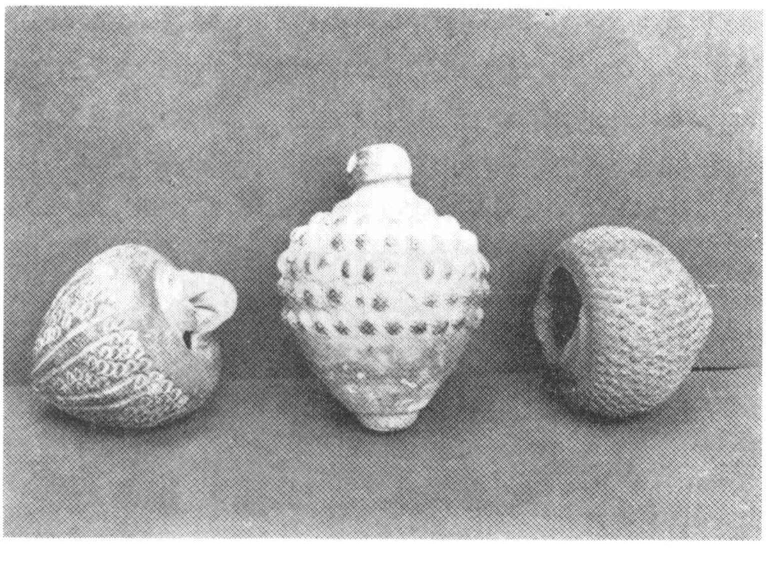
صلیبی است و شکل آنها کیفیتی آئرودینامیک دارد (شکل ۱۳-۴ (الف) و (ب)). آزمایش دقیق این محفظه‌ها، آثار شوره را در آنها آشکار ساخته است. اندازهٔ بزرگتر این نوع نارنجکها قِدر (شکل ۱۴-۴) نامیده می‌شد که پرتاب آنها به وسیلهٔ منجنیق انجام می‌گرفت (شکل ۱۵-۴). رساله‌ها و کتابهای نظامی و جنگی قرن ششم تا هشتم هجری (دوازدهم تا چهاردهم میلادی) از شرح و بسطهای گوناگون دربارهٔ ابعاد و طرز کار نارنجکهاست. جالب‌ترین اثر، در میان نوشته‌های مربوط به این کوزه‌های آتشزا، کتاب الفروسیه و المناصب الحربیه (کتاب سوارکاری و مشاغل جنگی) است که به قلم حسن الرامه (وفات ۶۹۴ هجری/ ۱۲۹۴ میلادی) نوشته شده است. وی استاد علوم نظامی بود و در سوریه زندگی می‌کرد.



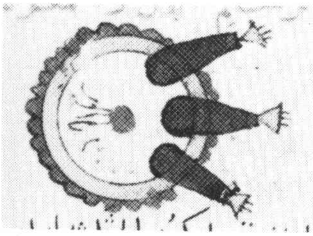
۱۳-۴ (الف) تصویری از یک نارنجک. از نسخهٔ دستنویس کتاب الرامه. قرن سیزدهم میلادی (قرن هفتم هجری)، کتابخانهٔ ملی، پاریس.

۳-۸-۴ شوره

شوره، در واقع نیترات پتاسیم است که از ۱۵۰۰ میلادی برای ساختن باروت مورد استفاده قرار می‌گرفت، ولی خود این نمک را دست‌کم از دو قرن پیشتر نیز در اروپا می‌شناختند. در مورد کلمهٔ باروت در زبان عربی نیز همین امر مصداق می‌یابد و لزومی نمی‌بینیم که اهمیت زیادی برای آن قائل شویم. منشأ آن هنوز



۱۳-۴ (ب) سه نوع نارنجک اسلامی از جنس کوزه‌های گلین. موزهٔ لوور، پاریس.

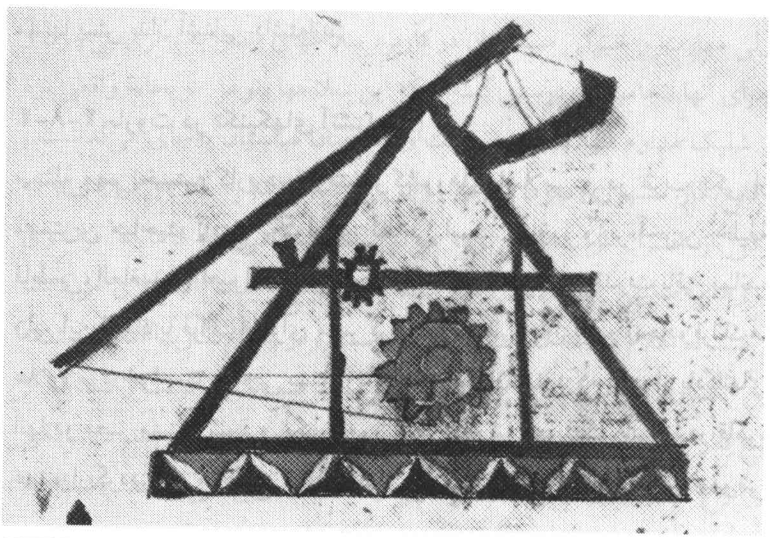


۴-۱۴ قِدر، یا نوعی فشفشهٔ بزرگ آتشزا. از دستنوشتهٔ الرامه. قرن سیزدهم میلادی/ قرن هفتم هجری، کتابخانهٔ ملی، پاریس.

ناشناخته است و تصور می‌رود که سرانجام زبان‌شناسان باید این رمز را بگشایند. ابن‌البیطار، در ۶۳۸ هجری/ ۱۲۴۰ میلادی، کلمهٔ باروت را تعریف کرده است، و بسیاری از تاریخنگاران برای این امر اهمیتی ناروا قائل شده‌اند. به واقع، در سرزمینهای اسلامی نیز شوره را از مدتها پیش می‌شناختند و تعریف کلمهٔ باروت از جانب ابن‌البیطار را نباید چنان تفسیر کرد که گویی پیش از آن تاریخ کسی شوره را نمی‌شناخته است.

چنانکه یکی از مورخان برجستهٔ تکنولوژی خاطرنشان می‌سازد «مسلم‌ترین واقعیت در زمینهٔ این موضوع ابهام‌آمیز بودن آن است. هرگونه تلاش برای یافتن وجه تسمیهٔ دقیق اسمهایی که مؤلفان قرون وسطی روی «املاح» شیمیایی گذاشته‌اند بی‌فایده است، چون علم شیمی جدید کلیهٔ این مواد را به دقت مورد شناسایی قرار داده و، از سوی دیگر، مؤلفان قدیمی همواره نیتراتها و کربناتهای سدیم و پتاسیم را با یکدیگر اشتباه می‌گرفته‌اند.»

شواهدی از این مدعا را می‌توان در بسیاری از موارد ملاحظه کرد. برای مثال، جابر ابن حیان، هنگامی که طرز تهیهٔ ترکیبی را که امروزه ما آن را اسید نیتریک می‌نامیم شرح می‌دهد، اصطلاح «گلهای تیزاب»[99] را به‌کار می‌برد که در مورد شکل بلورین جوهر شوره نیز مصداق می‌یابد، حال آنکه در یکی از



۴-۱۵ منجنیق برای پرتاب فشفشه‌های آتشزا. تصویر از دستنوشتهٔ الرامه. قرن سیزدهم میلادی (قرن هفتم هجری)، کتابخانهٔ ملی، پاریس.

99) Flowers of Nitre

دستنوشته‌های عربی سالهای بعدی که به زبان سریانی نوشته شده و به احتمال زیاد مربوط به قرنهای چهارم و پنجم هجری است (دهم و یازدهم میلادی)، جوهر شوره را جزو «هفت ملح» فهرست‌بندی کرده‌اند و تعریف آن شامل بوراکس[100] (بورات سدیم هیدراته، مورد استفادهٔ جواهرسازان) نیز می‌شود که، بنا بر نوشته‌های کتاب مذکور، سفیدرنگ و شبیه به الشهه (یعنی، شوره) است، و بعد بلافاصله آن را به عنوان «نمکی که در پای دیوارها یافت می‌شود» فهرست‌بندی می‌کند. شوره را به نامهای دیگر نیز می‌شناختند: شورج (شوره)؛ نمک دیوار (ملح الحائط)؛ برف چین (ثلج السین)؛ نمک چین (ملح السین)؛ الشهه؛ اشوش؛ نمک دباغی، باروت؛ و گهگاه به عنوان نوعی بوراکس، زاج سفید، و جز اینها. در شرق دنیای اسلام، نخستین اشاره به کلمهٔ باروت، به جای شوره، تا آنجا که می‌دانیم، در همان دستنوشتهٔ سریانی فوق‌الذکر به چشم می‌خورد. جوباری، در کشف‌الاسرار (۶۲۲ هجری/ ۱۲۲۵ میلادی)، از البارود الثلجی (شورهٔ برفی یا برف‌مانند) نام می‌برد، حال آنکه به گفتهٔ ابن‌البیطار، که تقریباً در ۶۳۸ هجری/ ۱۲۴۰ میلادی کتاب خود را نوشته است، کلمهٔ بارود در مغرب (مراکش) نه فقط در میان پزشکان بلکه در میان مردم عادی هم رایج بود. همین امر که چنین کلمه‌ای در میان مردم رایج بوده است نشان می‌دهد که از مدتها پیش بدان آشنایی داشته‌اند.

۴-۸-۴ باروت در تکنیکهای آتشزا

مسئلهٔ مهم نخستین کاربرد باروت در کشورهای اسلامی و در غرب یکی از مهمترین مباحث تاریخ تکنولوژی نظامی است. شاوَر، وزیر آخرین خلیفهٔ فاطمی، العاضد، با امیر اورشلیم متحد شد تا بتواند بر سریر قدرت باقی بماند، ولی این اتحاد با فرانک‌ها برای مصر گران تمام شد. به ازای این اتحاد، فرانک‌ها علاوه بر درخواست خراجی بسیار زیاد، خواستار آن شدند که یکی از پادگانهای آنها در مصر مستقر شود و یک مأمور عالی‌رتبه نیز نمایندگی آنها را در قاهره عهده‌دار گردد. این موضوع به ناآرامیهای گسترده و ناخرسندی عمیق عمومی

---

100) Borax

انجامید و، در نتیجه، به مناسبت مواد خفت‌بار این عهدنامه، کشمکش سختی بین شاور و متحدانش درگرفت. ولی قضیه به همین‌جا خاتمه نیافت. شاور بزودی در فسطاط (قاهرهٔ کهنهٔ کنونی) به محاصرهٔ نیروهای فرانك‌ها درآمد، و از فرط نومیدی تصمیم به آتش زدن شهر گرفت. به نوشتهٔ مقریزی ۲۰,۰۰۰ کوزه نفت برای آتش زدن شهر به کار رفت. حریق عظیمی که بدین ترتیب برپا شد ۵۴ روز تمام ادامه یافت. در جریان حفاریهای گوناگون در فسطاط تعداد زیادی از این نارنجکها صحیح و سالم به دست آمد و آزمایشهای بعدی نشان داد که همهٔ آنها از نوع نارنجکهای سوریایی بوده‌اند (کرّاز شامی) که هنوز هم آثاری از باروت در آنها تشخیص داده می‌شود.

با ظهور صلاح‌الدین ایوبی در ۵۳۳ هجری/ ۱۱۳۹ میلادی، عصر تازه‌ای برای تکنیکهای آتش‌افروزی آغاز می‌گردد. مسلمانان درتمام نبردها از سلاحهای آتشزا استفاده می‌کردند و ماجرای تکنیسین دمشقی که با ساختن نارنجکهای نفتی، انهدام برجهای صلیبیان مهاجم را ممکن ساخت شهرتی تاریخی دارد. به اعتقاد بسیاری از مورخان، مواد آتشزای حاوی باروت عامل مهمی در تعیین سرنوشت نبرد المنصوره و اسیر شدن لویی نهم پادشاه فرانسه در این جنگ بود. هر دو طرف به شدت متکی به مهارتهای مهندسان و تکنیسینهای خود بودند، ولی مهارت و خبرگی مسلمانان درکاربرد سلاحهای آتشزا به برتری بی‌چون و چرای آنها انجامید. به درستی گفته‌اند که این سلاحها «نوعی توپخانهٔ واقعی بود و شلیک مداوم آنها تأثیری وحشت‌آور در میان صلیبیان به‌جای می‌گذاشت.» وقایع‌نگار مشهوری چون ژان دو ژوآنویل[101] (۱۲۲۴ - ۱۳۱۹ میلادی)، که یکی از افسران ارشد نبرد بود، می‌نویسد: «هنگامی که فرماندهٔ فرانسوی نیروهای صلیبی مشاهده کرد که مسلمانان خود را آمادهٔ آتشباری می‌کنند، وحشتزده اعلام کرد که کار صلیبیان تمام است.» در وقایع‌نگاریها آمده است که این آتشباری به وسیلهٔ نوعی کمان فولادی عظیم صورت می‌گرفت و سلاحها از نوع قِدر عراقی بود. این «بمب»ها، چنانکه در بخشهای بعدی خواهیم دید، یکی از انواع مشهور پرتابه‌های آتشزا بود. ژان دو ژوآنویل می‌نویسد: «شبیه به

101) Jean de Joinille

کلاهخودهایی بسیار بزرگ بودند و دنباله‌هایی به درازای یک نیزه داشتند. صفیری رعدآسا از آنها به گوش می‌رسید و به هنگام پرواز در هوا همچون اژدهایی خشمناک رعشه بر اندامها می‌افکندند. نور آنها چنان شدید بود که در روز روشن نیز همچون شب تار به چشم دیده می‌شدند.» این پرتابه‌ها وقتی به زمین می‌افتادند منفجر می‌شدند و مایعی از آنها به بیرون پاشیده می‌شد که بلافاصله به صورت دنباله‌ای مشتعل درمی‌آمد. جیمز پارتینگتن[۱۰۲]، متخصص مشهور تاریخ علم شیمی، خاطرنشان می‌سازد که «صلیبیان بر این باور بودند که هرکس با این آتش تماس پیدا کند در دم نابود خواهد شد... و ظاهراً چنین به نظر می‌رسد که صلیبیان این موشکهای قرون وسطایی را چیزی شبیه به بمب اتمی روزگار ما می‌پنداشتند.» سلاحهای آتشزا از نخستین جنگ صلیبی، یعنی عملاً از صد و پنجاه سال پیش از زمان مورد بحث ما، به کار گرفته شده بود ولی تأثیر وحشت‌بار آن هیچگاه به حدّی که گفتیم نبود. علت عمدهٔ این امر هم عنصر جدید و اسرارآمیزی بود که در ترکیب مادهٔ آتشزا وارد کرده بودند: باروت.

از زمانی که باروت به میدان آمد، نقش مهندسان نظامی اهمیتی روزافزون یافت. رسته‌های مهندسی شکل گرفت، و پیشه‌وران و صنعتکاران گوناگونی همچون آهنگران، نجاران، ریخته‌گران برنز، نفت‌کاران، و غیره زیر فرماندهی مهندسان نظامی قرار گرفتند که آنان نیز مستقیماً در برابر امیرلشکر مسئول بودند. در ۶۹۰ هجری/ ۱۲۹۱ میلادی، به هنگام محاصره و سقوط عکّا، مهندسان نظامی و صنعتکاران زیردست آنان با منجنیقها و سلاحهای آتشین خود نقش اول را برعهده داشتند. سقوط عکّا، به منزلهٔ نقطهٔ پایانی بر جنگهای صلیبی بود، و شایع بود که منجنیقهای سلطانی و فلاخنها صندوقچه‌ها یا جعبه‌هایی انباشته از مواد منفجره به سوی دیوارهای شهر یا، از فراز آنها، به سوی خود شهر پرتاب می‌کردند، و سلطان در برابر هریک از برجهای دفاعی شهر بالغ بر «هزار مهندس و صنعتکار گرد آورده بود». این مهندسان با سرسختی مشغول خالی کردن پی‌های دیوار خارجی شهر بودند و هنگامی که در نقطه‌ای حساس دیوار فرو می‌ریخت، مملوکان به سرعت از میان آوارها راه به سوی مرکز شهر

102) James Partington

می‌گشودند. در این زمینه جالب توجه است که کتاب حسن الرامه که در سال ۶۷۹ هجری/ ۱۲۸۰ میلادی نوشته شده، بسیاری از فنون نظامی و تجهیزات جنگی را که در همان زمان به صورت رویّه‌هایی جا افتاده و ضرورتهایی مسلم درآمده بود فهرست‌بندی کرده است، و فراوانی انواع اصطلاحات فنی مربوط به تکنولوژی باروت در کتاب او شاهد این مدعاست. در ضمن، یادآور می‌شویم که ژان دو ژوآنویل، نیز هنگامی که، بیست سال پیش از انتشار کتاب الرامه، از بمباران‌های آتشزا سخن می‌گفته، در حقیقت به صندوقچه‌هایی انباشته از مواد منفجره اشاره داشته است که قِدر[۱۰۳] نامیده می‌شده و الرامه هم در کتاب خود از آنها یاد کرده است.

۴-۸-۵ توپهای اولیه

ابن‌خلدون، که کتاب خود را تقریباً در ۷۷۹ هجری/ ۱۳۷۷ میلادی به نگارش درآورده است، به هنگام توصیف محاصرهٔ سجلماسه (مراکش) به وسیلهٔ سلطان ابویوسف در تقریباً صد سال پیش از تحریر کتاب، سخن از سلاحی به میان می‌آورد که می‌توان آن را نوعی توپ دانست. وی می‌نویسد که سلطان

> دستگاههای قلعه‌گیری را مستقر کرد... و همچنین دستگاهها باروتی را که گلوله‌های کوچک آهنین پرتاب می‌کردند. این گلوله‌ها از اتاقکی (خزانه) که جلو نوعی شعلهٔ باروتی سفیدرنگ قرار داشت پرتاب می‌شدند. این عمل در اثر خاصیت عجیبی صورت می‌گیرد که جلوه‌ای از قدرت باریتعالی است.

ولی توپ به طور ناگهانی در مراکش ظاهر نشد. چنانکه پیشتر هم دیدیم، باروت قبلاً هم در آن سرزمین ماده‌ای شناخته‌شده بود و حتی در جریان جنگهای صلیبی به صورت کوزه‌ها یا صندوقچه‌های آتشزا مورد استفاده قرار می‌گرفت. به واقع، در مراکش و اسپانیا وقایع‌نگاریها و تذکره‌هایی وجود دارد که ظاهراً مورد توجه قرار نگرفته ولی بررسی آنها در حال حاضر مفید به نظر می‌رسد. خوزه کُنده، مورخ اسپانیایی، مدعی است که در ۶۰۱ هجری/ ۱۲۰۴ میلادی، خلیفه المحمد النصیر به هنگام محاصرهٔ المهدیه در افریقای شمالی از

---

۱۰۳) به معنای تحت‌اللفظی «دیگ» یا «دیگچه» - م.

توپ استفاده می‌کرده است، و پطر، اسقف لئون، نیز از کاربرد توپ در اشبیلیه سخن می‌گوید (۶۴۶ هجری/ ۱۲۴۸ میلادی). افزون بر این، چنانکه خواهیم دید، در شرق جهان اسلام نیز توپ در نیمهٔ دوم قرن هفتم هجری (قرن سیزدهم میلادی) پدیدار می‌گردد. در اینجا، با استفاده از فرصت، این نظریه را مطرح می‌کنیم که ممکن است در مراکش، به دلیل فقدان نفت، توپ به عنوان نوعی سلاح قلعه‌گیری، تا حدی زودتر از شرق جهان اسلام پدید آمده باشد و، بنابراین، وجود توپ در نبرد سجلماسه به روایت ابن‌خلدون، امری طبیعی بوده است که دلیلی ندارد صحت آن را مورد تردید قرار دهیم.

در زمان سلطنت مملوکان، نوعی توپ سبکتر نیز در نبرد برضد مغولان پدید آمد. پس از ویران کردن بغداد در ۶۵۶ هجری/ ۱۲۵۸ میلادی، مغولان به چند عقب‌نشینی مهم تن دادند. نخستین شکست سپاه هولاکوخان مغول از نیروهای مملوک که زیر فرماندهی سلطان قُطُز عمل می‌کردند، در عَین‌جالوت واقع در جلیله رخ داد (۶۵۸ هجری/ ۱۲۶۰ میلادی)، و این یکی از شکستهای سرنوشت‌ساز تاریخ بود. آخرین نبرد در مرج‌الصفار، واقع در جنوب دمشق درگرفت (۷۰۲ هجری/ ۱۳۰۳ میلادی)، و هنگامی که لشکریان مغول در یک نبرد سرنوشت‌ساز دیگر به دست سپاهیان مملوک تار و مار شدند، خطر مغول عملاً از میان برداشته شد. توپهای جدید هنوز سلاحهای چندان مؤثری نبودند، چون هنوز نخستین مراحل تکامل خود را می‌گذراندند. با این وصف، چند رسالهٔ نظامی آن دوران که در موزه‌های سن‌پطرزبورگ، پاریس، استانبول و قاهره حفظ می‌گردد حاکی از آن است که نه فقط در جنگ برضد مغولان چنین توپهایی به کار می‌رفته بلکه «مصریان» نیز دارای نیروی سوارنظام مجهز به این‌گونه توپها (مِدفَع) بودند (ر.ک. شکل ۲۰-۴) و، در ضمن، از ترقه‌هایی هم استفاده می‌کردند (صاروخ) که بیشتر برای ترساندن دشمن و ایجاد آشفتگی در صفوف آنها به‌کار می‌رفت. در بعضی از تذکره‌ها به «شکست جلاوون در جلود» اشاره شده است و همچنین از کاربرد آنها در نبرد برضد غازان‌خان سخن گفته‌اند. اما دو تاریخ دیگر نیز برای نبردهایی در دست داریم که در جریان آنها مملوکان از توپهای ابتدایی استفاده می‌کردند، یکی در ۶۵۸ هجری/ ۱۲۶۰ میلادی و دیگری در ۷۰۲ هجری/ ۱۳۰۳ میلادی. ولی از آنجا که به سال ۶۷۲ هجری/

۱۳۷۴ میلادی در مراکش از توپ به عنوان سلاح محاصره استفاده می‌کردند، معقول به نظر می‌رسد که اختراع توپ را به زمانی پیش از نبرد عین‌جالوت (۶۵۸ هجری/ ۱۲۶۰ میلادی) منتسب داریم.

در نوشته‌های لسان‌الدین ابن کاتب (وفات ۷۷۶ هجری/ ۱۳۷۴ میلادی)، شرحی دربارهٔ آخرین کاربرد توپ در محاصرهٔ هاسکار، در شمال شرقی غرناطه وجود دارد که به سال ۷۳۴ هجری/ ۱۳۲۴ میلادی اتفاق افتاد. ابن‌کاتب نه فقط وزیر دودمان نصیریان بلکه مورخ و وقایع‌نگار آنان نیز بود و محاصرهٔ فوق‌الذکر در زمان حیات او رخ داد. وی شرح می‌دهد که «وقتی سلطان غرناطه به محاصرهٔ هاسکار برخاست، مرتفع‌ترین قسمت برج و باروی شهر را با گلوله‌های سوزانی که به وسیلهٔ دستگاه بزرگی پرتاب می‌شد بمباران می‌کرد، و این دستگاه با نفت به‌کار می‌افتاد. این بمباران همچون رعد و برق ویرانی به بار می‌آورد و محاصره‌شدگان بی‌قیدوشرط تسلیم شدند.» بعد، وی شعری را نقل می‌کند که دانشمند و شاعری به نام زکریا یحیی بن هُذَیل در مدح سلطان سروده بود و در آن از آذرخش و تندر و ویرانی ناشی از این سلاح اعجازآمیز سخن می‌راند.

از این زمان به بعد است که توپ، به عنوان وسیلهٔ محاصره، در قلمرو مملوکان رواج می‌یابد. شهاب‌الدین فضل‌الله العمری (۷۰۰ - ۷۴۹ هجری/ ۱۳۰۱ - ۱۳۴۹ میلادی)، مورخ و جامع علوم معقول و منقول، از بزرگان دستگاه حکومت، و مدیر مدبر و باتجربهٔ امور دولتی، کتابهای زیادی به رشتهٔ تحریر درآورده است که از آن‌جمله می‌توان التعریف بالمصطلح الشریف (کتاب شریف تعاریف مصطلح) را نام برد که راهنمای کارگزاران عالی‌مقام دولت بود (۷۴۱ هجری/ ۱۳۴۰ میلادی). العُمری فصلی از کتاب خود را به آلات و ادوات محاصرهٔ رایج در زمان سلطان نصیر تخصیص می‌دهد (۷۰۹ - ۷۴۱ هجری/ ۱۳۰۹ - ۱۳۴۰ میلادی). وی شش نوع دستگاه برمی‌شمرد: منجنیق، زیارت (کمان فولادی مکانیکی)، مکاحیل البارود [جمع مِکحَل، به معنای باروت‌دان]، قواریر النفت[۱۰۴] (کوزه‌های نفت)، ستّار (حامی پوشاننده)، و ختائی (نیزهٔ خطی).

۱۰۴) جمع قاروره به معنای بطری یا ظرفی کوزه‌مانند که در آن مواد منفجره می‌ریختند و به سوی دشمن پرتاب می‌کردند. در فارسی به معنای ظرف حاوی ادرار یا خود ادرار هم آمده است. - م.

سه نوع سلاح آخری از باروت استفاده می‌کردند و العمری هریک از آنها را به تفصیل شرح می‌دهد. توضیحات او دربارهٔ توپ شامل باروت و قدرت تخریبی گلوله‌های سرخ‌شده از حرارت است که طاقها را درهم می‌شکنند و ساختمانها را ویران می‌کنند.

منابع غربی و همچنین منابع عربی تأیید کرده‌اند که، بین ۱۳۴۰ تا ۱۳۴۳ میلادی، در جنگهای گوناگونی که در اسپانیا رخ داد، از توپ استفاده می‌شده است. در نبرد طارِف (۷۴۱ هجری/ ۱۳۴۰ میلادی) و همچنین در محاصره الجزیره (۷۴۳ هجری/ ۱۳۴۲ میلادی) مسلمانان از توپ استفاده می‌کردند. گلوله‌های آهنین را از توپهایی که با باروت پُر می‌شد شلیک می‌گردند، و امیران دربی و سالیسبوری[۱۰۵] که هردو در این نبردها حضور داشتند ظاهراً نخستین کسانی بوده‌اند که اطلاعاتی در مورد سلاحهای آتشین به انگلستان برده‌اند. همچنین تصور می‌رود که اسپانیاییها نیز اطلاعات مربوط به توپخانه را از مسلمانان غرناطه، که پیش از آنها به کاربرد باروت آشنایی داشتند، کسب کردند. بنابراین، انتقال اطلاعات مربوط به کاربرد باروت و توپ به اروپا، مانند بسیاری چیزهای دیگر، از راه اسپانیا صورت گرفته است.

در همان سالی که الجزیره به محاصره درآمد، امیران سوریه و مصر تصمیم گرفتند سلطان تازه‌منصوب‌شده، نصیر احمد، را به دلیل ناشایستگی برکنار کنند. بنابراین، نیرویی به کَرَک[۱۰۶] فرستادند تا او را در همان‌جا محاصره کنند، ولی در اخبار آمده است که سلطان پنج منجنیق و چند مضافی بر فراز برج قلعه مستقر کرد و بدین ترتیب توانست از خود دفاع کند.

نخستین نبردی که با استفاده از توپ در غرب روی داد، نبرد کِرِسی[۱۰۷] در ۱۳۴۶ میلادی بود. در همین نبرد، مهاجمان انگلیسی نیز برای بستن راه ورودی بندر کاله (در فرانسه) از توپ استفاده کردند.

تأکید ما بر نخستین مواردِ استفاده از توپ، به دلیل اهمیت موضوع است. پس از ۷۴۳ هجری/ ۱۳۴۲ میلادی، توسعه و تکامل این سلاح در قلمرو

---

105) Earls of Derby and Salisbury

۱۰۶) محلی در جنوب اردن کنونی. ـ م.

107) Crécy

مملوکان ادامه یافت و کاربرد آن، بخصوص در عملیات محاصرهٔ شهرها، شدت گرفت. در عین حال، طرز ساختن توپ رفته رفته به دیگر سرزمینهای اسلامی نیز راه یافت، و به ویژه عثمانی‌ها این سلاح را به مقیاس وسیع مورد بهره‌برداری قرار دادند (شکل ۱۶-۴). چشمگیرترین عملیاتی که توپ نقش مهمی در آن ایفا کرد، تسخیر قسطنطنیه (استانبول) به وسیلهٔ عثمانی‌ها در ۸۵۷ هجری/ ۱۴۵۳ میلادی بود. یکی از توپهای برنزی که در محاصرهٔ قسطنطنیه به کار رفت، دارای دهانه‌ای به قطر ۸۸ سانتی‌متر بود و گلوله‌ای که از آن شلیک می‌شد ۲۷۰ کیلوگرم وزن داشت. یکی از گلوله‌ها که به یک کشتی ونیزی اصابت کرد آن را از هم درید و به دو نیمه کرد، و در خبر دیگری آمده است که وزن این گلوله‌ها کمتر از ۴۰۰ کیلوگرم نبوده و از فاصلهٔ ۲/۴ کیلومتری شلیک شده است. گفته‌اند که برای حرکت دادن یک جفت از این نوع توپهای غول‌آسا، حداقل به ۷۰ گاو نر و ۱۰۰۰ نفر سرباز احتیاج داشته‌اند.

۶-۸-۴ نخستین مراحل تکنولوژی باروت و سلاحهای آتشین

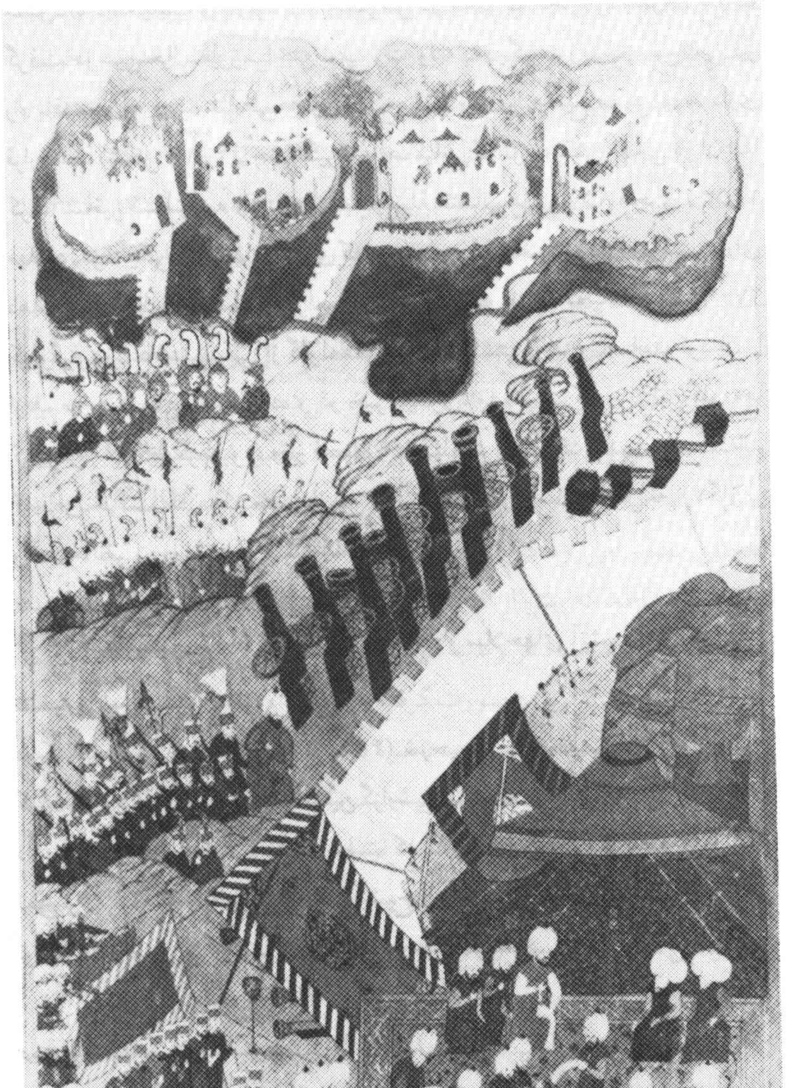
تصفیه و بلورین‌سازی شوره

در کتاب حسن الرامه (بخش ۲-۸-۴) شرحی دربارهٔ خالص‌سازی و بلورین کردن شوره آمده است. این نخستین گزارشی است که از چنین فرایندی در دست داریم و اهمیت امر به دلیل آن است که بدون شورهٔ پالایش‌یافته و خالص نمی‌توان باروت ساخت. با این‌حال، شرح و بسطهای مشابهی از همین فرایند در نوشته‌های بعدی سرزمینهای اسلامی نیز دیده می‌شود.

دستورالعملهای باروت‌سازی

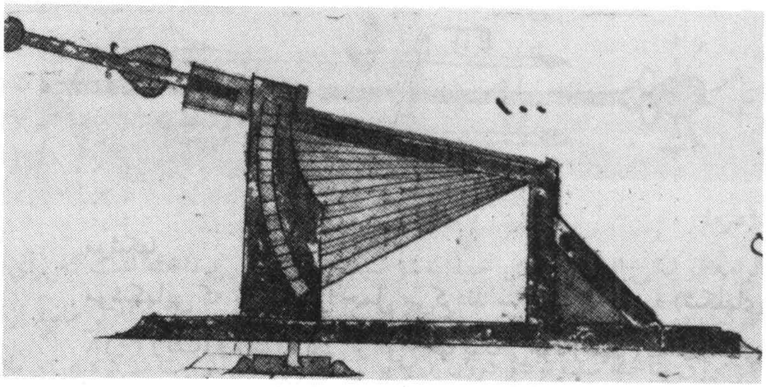
در کتاب الرامه ۷۰ دستورالعمل برای باروت‌سازی ذکر شده است، ولی درنوشته‌های شیمیایی اسلامی که به زبان سریانی تحریر یافته و مارسلن برتلو[۱۰۸]، مورخ علم و شیمیدان فرانسوی قرن نوزدهم میلادی، تاریخ نگارش آنها را به قرنهای چهارم یا پنجم هجری (دهم یا یازدهم میلادی) نسبت داده

108) Marcellin Berthlot



۴-۱۶ ارتش عثمانی یکی از دژهای مجارستان را با توپخانهٔ خود محاصره کرده است. قرن شانزدهم میلادی. موزهٔ توپ‌قاپو، استانبول.

است - فقط هفت دستورالعمل برای باروت‌سازی وجود دارد. در رساله‌های نظامی پس از الرامه تعداد این دستورالعملها همچنان افزایش می‌یابد، به نحوی که شمار آنها در کل این نوع رساله‌ها به چندصد نسخه می‌رسد. این

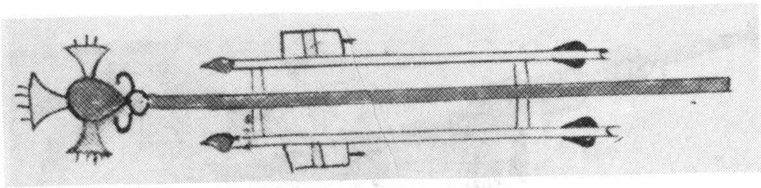


۴-۱۷ توپ با شاسی قابل تنظیم. قرن پانزدهم میلادی. موزهٔ توپ‌قاپو، استانبول.

دستورالعملها را می‌توان برحسب گونه‌های مختلف طبقه‌بندی کرد و هر طبقه نیز، البته، زیرگونه‌های خاص خود را دارد و، در ضمن، اصطلاحات فنی ویژه نیز در این رساله‌ها فراوان است. ترکیبهای گوناگون باروت (به طور عمده شوره، گوگرد و زغال چوب) در فصلهای جداگانه آمده است، وگاه سرتاسر یک رساله را به مجموعه‌ای از دستورالعملها اختصاص داده‌اند. با خواندن این رساله‌ها به راحتی می‌توان دریافت که هریک از دستورالعملها برای مقاصد گوناگونی تنظیم شده است، ولی در بعضی از رساله‌ها نیز شرح داده‌اند که این یا آن دستورالعمل به چه‌کار می‌آید. برای مثال، ذکر شده است که مجموعهٔ معینی از دستورالعملها برای تهیهٔ خرج موشک، نیزه و چرخ آتشزا، ترقه، یا فتیلهٔ توپ به‌کار می‌رفته، و مجموعه‌ای دیگر برای نارنجک یا توپ یا صرفاً برای سرگرمی و آتش‌بازی مناسب بوده است.

فتیله‌ها

الرامه دو نوع فتیله به‌کار می‌برده است، وَرد (به معنای تحت‌اللفظی گل سرخ) و اِکریخ. این آخری نوعی ریسمان پنبه‌ای آغشته به گوگرد بود که با لایه‌ای از موم و دیگر مواد نرم محافظت می‌شد. این نوع فتیله‌ها را ذخیره نیز می‌نامیدند. گذشته از گوگرد، از باروت نیز استفاده می‌کردند، و دستورالعملهای مربوط به تهیهٔ انواع فتیله‌ها در رساله‌های نظامی فراوان است.

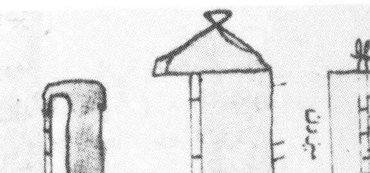


۴-۱۸ (الف) طرح یک موشک، از یکی از رساله‌های الرامه. قرن سیزدهم میلادی، کتابخانهٔ ملی، پاریس.

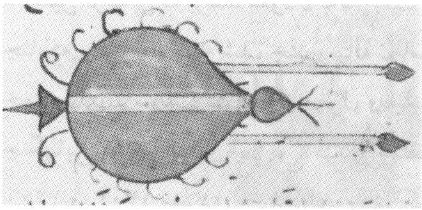
موشکها

موشکهایی که مواد آتشزا حمل می‌کردند سلاحی رایج بود (شکلهای ۴-۱۸ (الف) و (ب)). یکی از انواع آنها پیکانی بود (سهم) که آن را برای پرواز و رسیدن به هدف با باروت خرجگذاری می‌کردند. این نوع موشک یک نارنجک آتشزا نیز با خود حمل می‌کرد. فتیله‌های باروتی و همچنین فتیلهٔ نارنجکها را پیش از پرتاب روشن می‌کردند. دستورالعملهایی برای وزن باروت و نوع کاغذی که به عنوان پوکه به‌کار می‌رفت و همچنین برای نسبت قطر موشک به درازای آن وجود داشت. در بعضی از نوشته‌های موجود مدعی شده‌اند که برای ساخت نوع ویژه‌ای از موشکهای پیکانی که پره‌هایی در دو طرف آن وجود داشت و سهم طولی (تیر بلند) یا سهم ساعی (تیر رونده) نامیده می‌شد، ۷۰ درهم (۲۱۸ گرم) کاغذ و ۹۰ درهم (۲۸۰ گرم) باروت (دوا) مصرف می‌کردند و این موشک قادر بود یک رطل، یعنی تقریباً نیم کیلوگرم، بار را حمل کند. همچنین گفته‌اند که همین موشک را می‌توانستند طوری بسازند که پس از رسیدن به مقصد بار آتشزای خود را تخلیه کند و، سپس، به مبدأ خود بازگردد.

نوع دیگری از موشکها طیّار (پرنده) نام داشت. در یکی از اندازه‌های مختلف آن، طیار طولی (دورپرواز)، ۱۵۰ درهم (۴۶۸ گرم) کاغذ و ۱۵۰ درهم باروت به‌کار می‌رفت. این موشک را المجنون نیز می‌نامیدند (به معنای دیوانه). نوع دیگری از موشکها که فتّاش (کاوشگر) نامیده می‌شد، دارای بالهایی از کاغذ یا چرخ بود، و مانند بادبادک پرواز می‌کرد تا با مواد آتشزای خود روی قلعه‌ها یا کشتیها بیفتد.



۴-۱۸ (ب) دو نوع موشک (مرکز و راست) و یک فتیله (چپ). قرن چهاردهم میلادی، کتابخانهٔ موزهٔ سلیمانیه، استانبول.



۴-۱۹ تصویر یک اژدر که برای پرتاب در سطح آب طراحی شده بود. از الرامه، کتابخانهٔ ملی پاریس.

اژدرها

الرامه در یکی از رساله‌های خود به توصیف نوعی اژدر پرداخته است که برای حرکت در سطح آب طراحی شده بود (شکل ۱۹-۴). این سلاحِ گلابی‌مانند از آهن ورق ساخته شده بود و درون آن را پُر از مواد آتشزا و باروت می‌کردند. دو یا سه فشفشه (جت) برای جلو راندن اژدر به سوی هدف در نظر گرفته بودند که در عقب قرار داشتند و خود اژدر نیز از جلو می‌سوخت. میله‌های بلند فشفشه‌ها به هدایت اژدر کمک می‌کردند چون در عمل نقش سکان را برعهده داشتند.

قِدْر (دیگ یا دیگچه)

به نوشتهٔ العمری این جنگ‌افزار یکی از سلاحهای اصلی مخصوص محاصره و قلعه‌گیری بوده است که الرامه و دیگر نویسندگان رساله‌های نظامی چند نوع از آن را توصیف کرده‌اند - عراقی، مغربی، و عجمی. شرح ساختن قِدر، که به وسیلهٔ منجنیق (شکل ۱۴-۴) پرتاب می‌شد، در نوشتهٔ زیر آمده است:

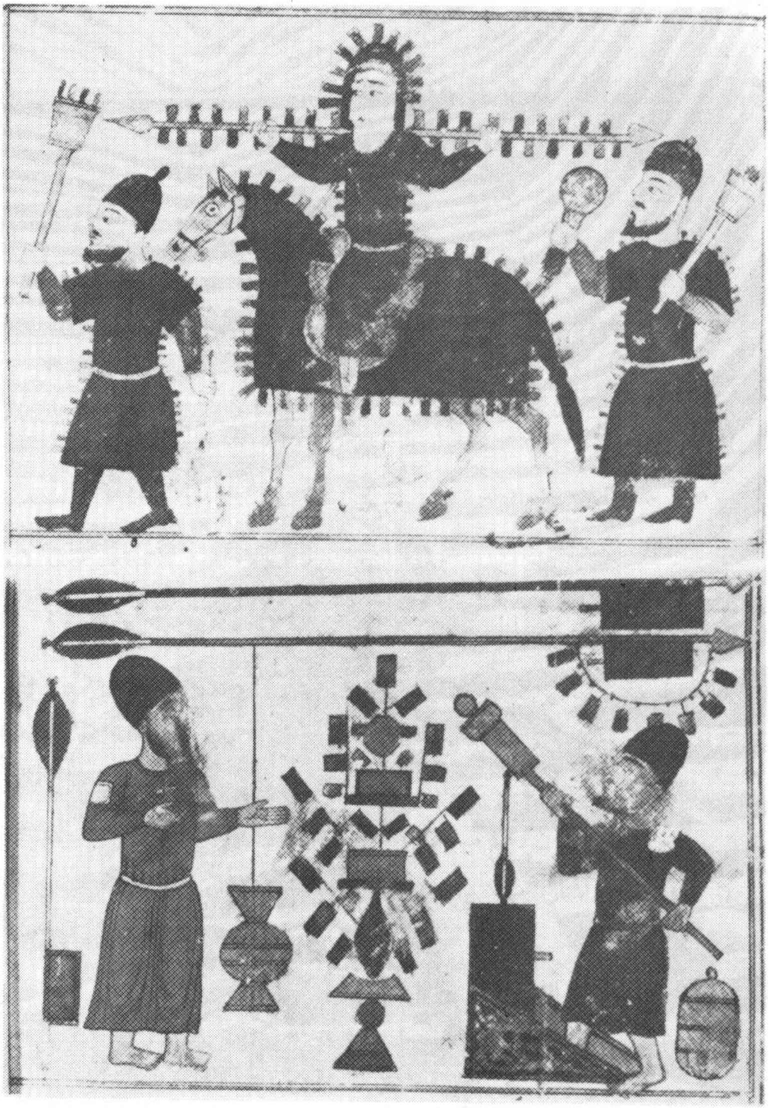
> سه رطل [۱/۵ کیلوگرم] صمغ سیاه صنوبر را آب کنید و در یک کوزه [نارنجک] بریزید. آنگاه یک رطل [۰/۵ کیلوگرم] از [مادهٔ مخصوصی که شناخته نشده است] روی محتوای کوزه بپاشید. سپس بگذارید محتوای کوزه سرد بشود. آنگاه این ماده را در یکصد ترقّه از نوع فتّاش بگنجانید... و روی هریک از آنها کیسه‌ای نمدی آغشته به روغن بکشید. بعد، چهار ظرف شیشه‌ای کوچکتر پر از خرده‌شیشه و مخلوطهای آتشزا و، سپس، تکه‌هایی از توز [نوعی ریشهٔ درخت] و پنبه‌دانه به محتوای کوزه‌ها اضافه کنید و با استفاده از نفت معدنی کل این مخلوط را به صورت خمیر درآورید. این خمیر را در یک توری ساخته‌شده از مفتولهای مسی قرار دهید. یک رطل (نیم کیلوگرم) از دواءالحد [نوعی مادهٔ شیمیایی قوی] و یک حلقه از فتیلهٔ سیاه بدان بیفزایید. حال اگر در نظر دارید این قِدْر را پرتاب کنید، کفّهٔ منجنیق و پایه‌های آن را با کتیرا و زاج سفید بپوشانید. بعد فتیله را آتش بزنید و «نارنجک» را پرتاب کنید. وزن قِدْر باید مساوی با وزن سنگ منجنیق باشد.

نخستین توپهایی که برضد مغولان به‌کار رفت

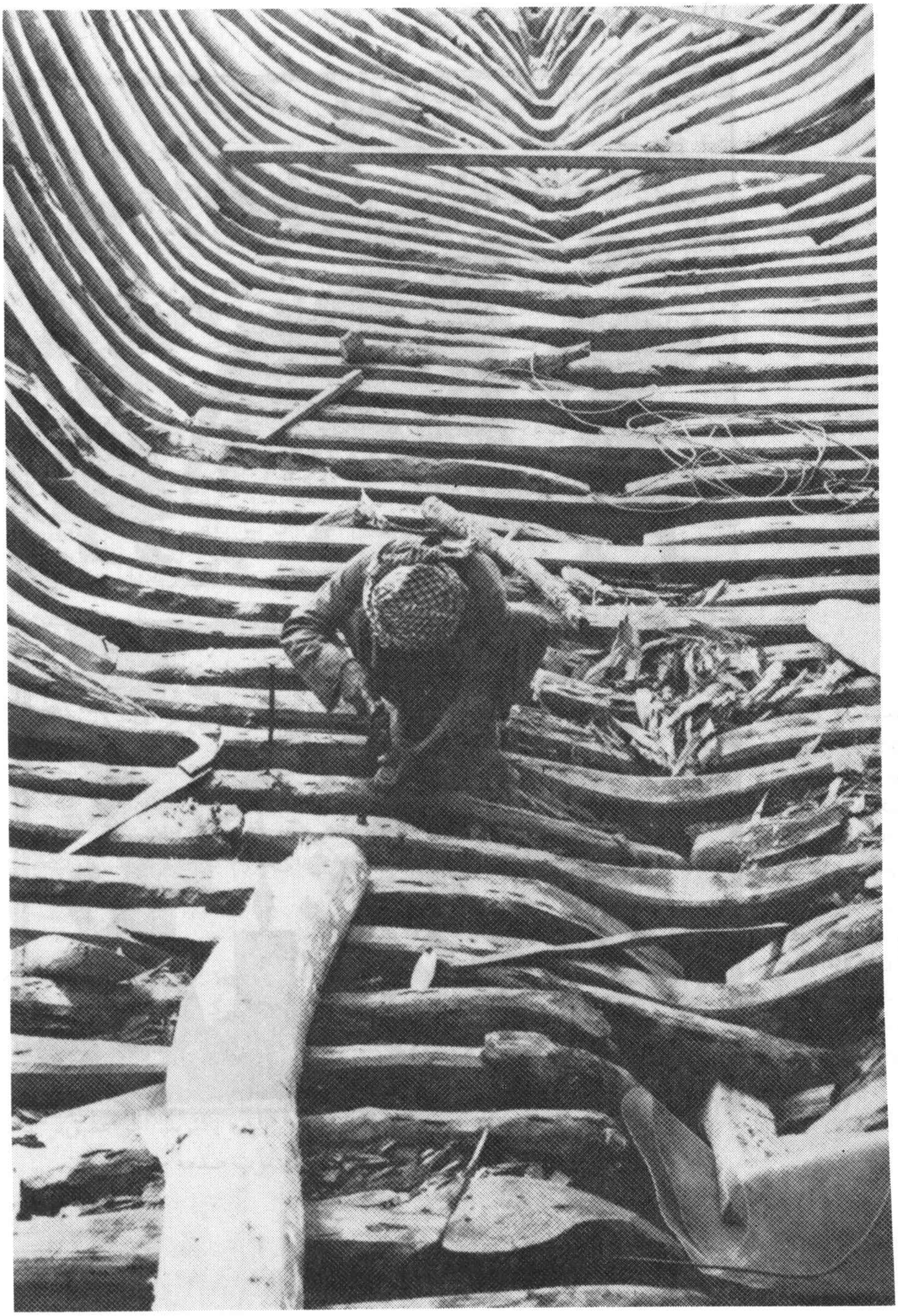
چنانکه پیشتر هم گفته شد، چند رسالهٔ نظامی خبر از کاربرد توپ سبک و قابل حمل برای ترساندن سوارنظام مغول و ایجاد آشفتگی در صفوف آنها داده‌اند. جنگهایی که در آنها از این نوع سلاح استفاده شده بین ۶۵۸ و ۷۰۲ هجری/ ۱۲۶۰ و ۱۳۰۳ میلادی رخ داده‌اند. روش کار عبارت بود از انتخاب یک گردان سوارنظام و تعبیهٔ ترقه‌ها و فشفشه‌های باروتی روی نیزهٔ سوارکارانی که کلاهخود و لباسهای ضدآتش برتن داشتند. کلاهخود و لباس این سربازان پوشیده از فشفشه بود (توجه کنید به شکلهای ۱۱-۴ و ۲۰-۴). اسبها را نیز با پوششی که ضدآتش بود مجهز می‌کردند و روی این پوشش نیز فشفشه و ترقه نصب می‌کردند. افراد پیاده‌نظام همراه این اسواران نیز بعضی‌هایشان مجهز به چماق و سلاحهای آتش‌افکن دستی بودند و بعضی دیگر از آنها، چنانکه در شکل ۲۰-۴ دیده می‌شود، توپهای سبکی از نوع مِدفَعْ در دست داشتند. کل این گردان پیشاپیش سپاه حرکت می‌کرد و به مجرد آنکه با دشمن روبرو می‌شد، انفجار سلاحهای آتشین خود را آغاز می‌کرد. در بعضی دیگر از موارد، پیش از درگیر شدن با دشمن، همین گردان به یک رشته عملیات غافلگیرانهٔ تاکتیکی می‌پرداخت.

در یک رسالهٔ دستنویس استانبول، دستورهای لازم برای پُر کردن توپ به شرح زیر آمده است:

> شرح دوای [مادهٔ شیمیایی قوی] لازم برای پر کردن توپ: باروت [شوره] ده درهم [۳۰ گرم]، زغال چوب دو درهم [۶ گرم]، گوگرد یک درهم [۳ گرم]. همه را خوب بسایید تا نرم شود و یک‌سوم توپ - و نه بیشتر - را با آن پر کنید. بعد آن را به دقت و با احتیاط سنبه بزنید. گلوله یا پیکان را در آن بگذارید و فتیله را آتش بزنید. فاصلهٔ زیر سوراخ مِدفَع را اندازه بگیرید. اگر عمیق‌تر از سوراخ باشد، کار نقص دارد و توپچی در اثر لگد توپ صدمه خواهد دید.



۲۰-۴ دو تصویر یک رسالهٔ نظامی قرن پانزدهم میلادی که نشان‌دهندهٔ توپهای سبک یا مِدفَع است. بالا، یک سرباز سوارنظام و دو سرباز پیاده‌نظام، پوشیده از لباسهای دارای فشفشه و ترقه‌های آتشین و مجهز به مِدفَع. پایین، دو سرباز مجهز به جنگ‌افزارهای گوناگون. یکی از آنها در حال آماده‌سازی یک توپ سبک دستی (مِدفَع) برای شلیک است. انستیتوی شرقی، پترزبورگ.



۵ کشتیرانی و دریانوردی

۱-۵ کشتی‌سازی

کشتی‌سازی، چه برای ناوگان بازرگانی و چه برای ناوگان جنگی، یکی از صنایع عمدهٔ جهان اسلام بود. گذشته از کارگاههای بزرگ کشتی‌سازی، کارگاههای خصوصی متوسط و کوچکتری هم در کناره‌های خلیج فارس و دریای سرخ برقرار بود. این کارگاهها به ساختن انواع شناورهای سبک و ساده‌ای می‌پرداختند که هنوزهم نمونه‌های آنها در آبهای منطقه دیده می‌شود. در اینجا فرصت آن نیست که جزئیات صنعت کشتی‌سازی قرون وسطای اسلامی را مورد بحث و بررسی قرار دهیم. با این‌حال، بد نیست بدانیم که ابعاد و کیفیت این شناورها از قایقهای پارویی ساده تا سفینه‌های تجارتی ۱۰۰۰ تنی و کشتیهای جنگی قادر به حمل و نقل ۱۵۰۰ سپاهی تفاوت می‌یافت. مورخی چون مقدسی، که در قرن چهارم هجری (قرن دهم میلادی) می‌زیست، در آثار خود به فهرستی از نام دهها نوع سفینه اشاره می‌کند، و در طی قرنهای بعدی نیز انواع دیگری از شناورها به این فهرست افزوده می‌شود.

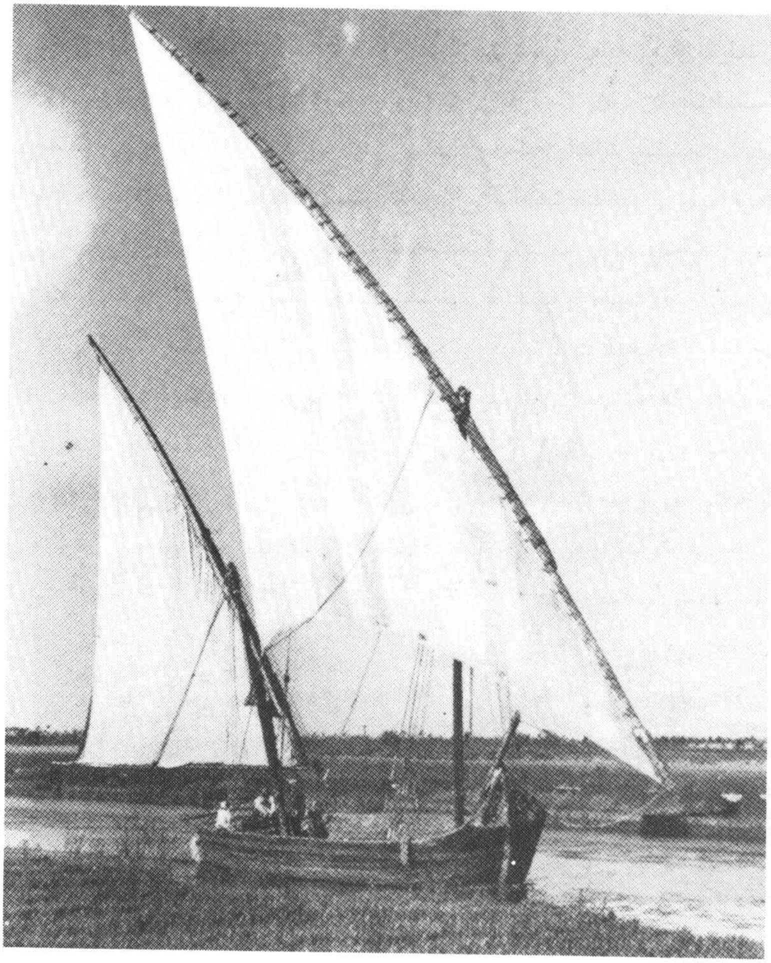
کشتیهای مسلمانان از ویژگیهای مشخصی برخوردار بودند. کشتیهای تجارتی به طور معمول از بادبان استفاده می‌کردند و پهنای محور اصلی آنها را به نسبت طولشان تعیین می‌کردند تا ظرفیت حمل بار را به حداکثر ممکن برسانند. کشتیهای جنگی برحسب وظایفی که برعهده داشتند، یا از نوع پارویی بودند یا از نوع بادبانی و بدنه‌ای کشیده‌تر داشتند. در کارگاههای اسلامی، همهٔ انواع کشتیها را با الوارهای کنار در کنار همدیگر و درزهای بتانه‌شده می‌ساختند (شکل ۲-۵) ـ برخلاف اروپای شمالی که معمولاً از تکنیک تخته‌کوبی با لبه‌های روی‌هم استفاده می‌کردند. در شرق حوزهٔ اسلام، الوارها را با طناب به همدیگر می‌دوختند، ولی در حوزهٔ مدیترانه از میخهای آهنی استفاده می‌کردند

۱-۵ قایق‌سازی در بحرین هنوز هم با افزارها و تکنیکهای سنتی صورت می‌گیرد



۲-۵ تصویری از یک قایق اسلامی در قرن سیزدهم میلادی در آبهای شرقی. چنانکه دیده می‌شود، بدنهٔ قایق با تخته‌بندی لبه به لبه ساخته شده است. کتابخانهٔ ملی، پاریس.

و، در هر دو حال، درزها را با قیر یا انواع زفتها آب‌بندی می‌کردند. طنابهای لازم برای بالا کشیدن بادبان و یا فرو انداختن لنگر را از الیاف کنف یا پاپیروس می‌ساختند. یکی از ویژگیهای کشتیهای اسلامی، استفاده از بادبان لاتینی بود که به حالت اُریب از دگل کوتاه و سنگینی آویزان می‌شد. این نوع بادبان در حوزهٔ مدیترانه مثلثی‌شکل و در حوزهٔ دریای سرخ و آبهای شرقی چهارگوش بود. در آبهای شرقی، دگل کوتاه در جلو قرار داشت، حال آنکه در دریای مدیترانه این تکنیک چندان معمول نبود. نخستین شواهد مربوط به کاربرد بادبان لاتینی در حوزهٔ مدیترانه از قرن سوم هجری (قرن نهم میلادی) به دست ما رسیده است،



۳-۵ یک قایق رودخانه‌ای در مصر، با بادبان سه‌گوش و مورب.

ولی مسلماً پیش از آن تاریخ هم از این نوع بادبانها استفاده می‌کرده‌اند. مهارکردن بادبانهای لاتینی آسان نیست، ولی تسلط بر آن به کشتیرانان امکان می‌دهد که، برخلاف بادبانهای چهارگوش، نزدیکتر به جریان باد حرکت کنند و، بنابراین، کمتر به بیراهه بیفتند.

گذشته از بعضی نیروهای دریایی اعزامی به منطقهٔ سند در نخستین قرن هجری، کشتیهای اسلامی در اقیانوس هند معمولاً از نوع جنگی نبودند و بیشتر آنها به کار تجارت می‌پرداختند. در حوزهٔ مدیترانه وضع فرق می‌کرد، چون هیچ کشور یا دولت اسلامی قادر نبود بدون نیروی دریایی کارآمد در آن منطقه تاب



۴-۵ یک قایق مخصوص صید مروارید در بحرین. این قایق دارای بادبان سه‌گوش و دگل رو به جلو است که از ویژگیهای قایقهای اسلامی حوزهٔ خلیج فارس و اقیانوس هند محسوب می‌شود.

بیاورد. در نتیجه، کارگاههای کشتی‌سازی و تعمیراتی و باراندازهای اسلامی در این منطقه چنان فراوان بود که دریانوردان غربی به خوبی آنها را می‌شناختند و مورد استفاده قرار می‌دادند. این روابط به حدّی بود که حتی اصطلاح عربی دارالصناعه که به باراندازها اطلاق می‌شد به زبانهای اروپایی راه یافته بود، و هنوزهم به صورت ارسنال[۱۰۹] (به معنای «زرادخانه» یا «قورخانه») در زبانهای انگلیسی و فرانسه به کار می‌رود. در شرق، کارگاههای کشتی‌سازی در اوبلّه و بصره (کنار اروندرود (شط‌العرب)) و همچنین در سیراف[۱۱۰] (بندر ایرانی خلیج

109) arsenal

۱۱۰) بندرعباس کنونی - م.

فارس) یا در صور در عمّان، فعالیتی چشمگیر داشتند. در آغاز، مسلمانان از باراندازهای موجود بیزانسی‌ها استفاده می‌کردند ولی پس از مدتی این تأسیسات برای برآوردن نیازهای آنها کفایت نمی‌کرد و در سال ۵۴ هجری/ ۶۷۳ میلادی نخستین بارانداز جدید جهان اسلام در جزیرهٔ روضه در رود نیل در محل قاهره امروزین ساخته شد. اندکی بعد، تأسیسات جدید کشتی‌سازی در عکّا و صور (سواحل شرقی مدیترانه) به وجود آمد و، سپس، کشتی‌سازیهای دیگری در اسکندریه، دمیاط و فسطاط برپا شد. خلیفهٔ عباسی، المتوکل (وفات، ۲۴۷ هجری/ ۸۶۱ میلادی) توجه زیادی به کشتی‌سازیهای مصر نشان می‌داد، همان‌طور که چند سال بعد نیز ابن‌طولون، حاکم مصر (وفات، ۲۷۰ هجری/ ۸۸۴ میلادی)، به ساختن ۱۰۰ فروند کشتی جنگی بزرگ و تعدادی کشتیهای کوچکتر در روضه همت گماشت. در غرب، لنگرگاههای نظامی مجهزی در طرابلس و تونس (افریقای شمالی) و همچنین در اشبیلیه، آلمیرا، پکینا و والنسیا (اسپانیا) به وجود آمد. علاوه بر این، در مسینا و پالرمو (سیسیل) نیز مسلمانان به تعداد زیاد در کشتی‌سازیها به کار مشغول بودند.

فاطمیان، پیش از حمله برای تسخیر مصر، نیروی دریایی خود را در شمال افریقا، از طریق ارسال تجهیزات لازم برای ساختن نبردناو به دارالصناعهٔ تونس، تقویت کردند. آنها حتی در پای تپه‌ای عظیم به حفاری و خاکبرداری گسترده پرداختند تا لنگرگاهی قادر به پذیرش ۲۰۰ کشتی بزرگ ترتیب دهند. آنان بندرگاه و بارانداز کاملاً جدیدی هم در مهدیه تونس ساختند که در ۳۰۵ هجری/ ۹۱۲ میلادی تکمیل شد. بارانداز این بندرگاه که در میان صخره‌ها ساخته شده بود به طور همزمان ۳۰ کشتی بزرگ را می‌پذیرفت و خدمات و تسهیلات لازم را برای آنها فراهم می‌ساخت. بعد از فاطمیان نیز ایوبیان و مملوکان همین سیاست را دنبال کردند. برای مثال، در ۵۶۶ هجری/ ۱۱۷۰ میلادی صلاح‌الدین ایوبی در کارگاههای کشتی‌سازی مصر به قطعه‌سازی کشتیهای جنگی می‌پرداخت. این قطعات را با شتر به ساحل سوریه حمل می‌کردند و در آنجا به «مونتاژ» آنها مشغول می‌شدند. این کارگاههای مونتاژ طی مدتهای مدید وظیفهٔ تدارک و تجهیز کشتیهای جنگی لازم برای نبرد برضد صلیبیان را برعهده داشتند.

تهیه و تدارک مواد و لوازم مورد نیاز کشتی‌سازی یکی از پابرجاترین مشغله‌های ذهنی حاکمان اسلامی بود. مهمترین مادهٔ اولیه، البته، الوار مرغوب و مناسب کار بود، ولی مواد و مصالح دیگری نیز در کشتی‌سازی به کار می‌رفت که از آن‌جمله می‌توان به اقلام زیر اشاره کرد: طنابهای لازم برای افراشتن بادبانها و کابلهای مورد نیاز برای لنگر انداختن، آهن برای ساختن میخها، لنگر، قلابها، و لوله‌های فلز رابط برای کابلها. علاوه بر اینها، پارچهٔ ضخیم و مقاوم و مناسب برای بادبانها نیز مورد احتیاج بود. در غرب، چندان مسئله‌ای در کار نبود، چه الوارهای مناسب به فراوانی در اسپانیا، سیسیل و مراکش یافت می‌شد، و آهن هم در تمام مناطق وجود داشت. با این‌حال، در مصر، به رغم حفظ و گسترش جنگلهای مخصوص تهیهٔ چوب مشهور به اقاقیای نیل[111]، الوار مورد نیاز به اندازهٔ کافی به دست نمی‌آمد و ناگزیر به واردات از مراکش و سیسیل روی می‌آوردند. کمبود آهن را نیز از همین منابع تأمین می‌کردند. ولی طنابهای لازم را از الیاف شاهدانه که به فراوانی در منطقه کشت می‌شد می‌ساختند، و پارچه‌های لازم برای ساختن بادبانها را نیز کارگاههای نساجی فیوم تهیه می‌کردند.

۲-۵ دریانوردی

کشتیهای اسلامی به سوی تمام بندرگاههای مشهور دنیا در حرکت بودند. در قرنهای سوم و چهارم هجری، علاوه بر منطقهٔ مدیترانه و سواحل افریقای شمالی، اسپانیا، مصر، سوریه و همچنین سیسیل نیز بخشی از حوزهٔ گستردهٔ تمدن اسلامی را تشکیل می‌دادند و انبوهی از کشتیها و سفینه‌های گوناگون بین این مناطق در رفت‌وآمد بودند. ترافیک فشرده‌ای نیز در امتداد راههای شرق به غرب در جریان بود، در عمل، به ندرت مانع یا مشکلی در راه مبادلات تجارتی پیش می‌آمد. برای مثال، در قرن ششم هجری (قرن دوازدهم میلادی)، ابن‌جبیر می‌توانست سفر بازگشت خود را از عکّا ـ که از آن زمان زیر سلطهٔ صلیبیان بود ـ شروع کند و سر راه خود، چند هفته‌ای نیز در سیسیل رحل اقامت بیفکند.

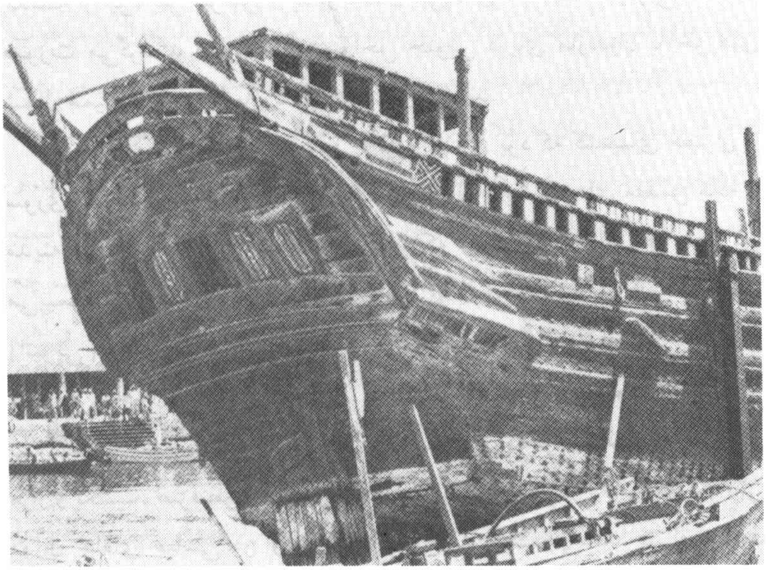
---

111) Acacia Nilotical

گذشته از این، بین بیزانس و بنادر شمال افریقا نیز مبادلات تجارتی مستقیم صورت می‌گرفت، و مسلمانان سواحل جنوبی دریای مازندران با خزرهای شمال همین دریا روابط بازرگانی پیوسته‌ای داشتند.

در حوزهٔ مدیترانه جنوب شرقی، قلزم بندری بود که کشتیهای مصری و سوری کالاهای خود را از آنجا به جدّه و، بنابراین، به شهرهای مقدس مکّه و مدینه می‌بردند ـ این همان راهی بود که زائران سالانهٔ این دو شهر نیز می‌پیمودند. از سوی دیگر، بندر عدن مرکز عمدهٔ مبادلات بازرگانی با حبشه [اتیوپی] و سواحل شرقی دوردست‌تر افریقا چون زنگبار و ماداگاسکار بود. با تمام این احوال، سفرهای دریایی افسانه‌وار و تخیل‌زا معمولاً از عراق و بندرگاههای خلیج فارس آغاز می‌شد. به راستی هم، ماجراهای سندباد بحری در هزار و یکشب، صرفنظر از عناصر سحرآمیز آنها، تجسمی از واقعیتهای تجارتی دوران خلفای عباسی در اوج شکوفایی‌اش به دست می‌دهد. در آن سالها، بندرهایی چون سیراف در ایران [بندرعباس]، صور در عمّان و، البته، بصره، بزرگترین بنادر تجارتی محسوب می‌شدند. با وجود این، کشتیها مستقیماً در بغداد هم پهلو می‌گرفتند، و کناره‌های دجله و شاخه‌های مهم آن پوشیده از ردیفهای پایان‌ناپذیری از انبارها و باراندازها بود. کشتیهای مسلمانان به سواحل هند، سریلانکا، مالزی، فیلیپین، اندونزی و چین هم می‌رفتند، ولی نه برای گشتهای اکتشافی بلکه به عنوان سفرهای منظم تجارتی، خاصه آنکه در تمام این بنادر دوردست و حتی در کانتون نیز جوامع محلی کم و بیش مهمی از بازرگانان مسلمان به وجود آمده بود.

در روزگار کشتیهای بادبانی و پیش از ابداع و تکمیل و تجهیزات و وسایل نجومی و غیره برای تعیین موقعیت در پهنهٔ دریاها، حرفهٔ ناوبری در کشتیها مستلزم آن بود که ناخدایان به طیف وسیعی از مهارتهای گوناگون مجهز باشند. چنین بود که به طور معمول، حرفهٔ کشتیرانی به صورت سنّتی دیرَپا در بعضی از خانواده‌ها حفظ می‌شد و به همین سبب، اطلاعات حاصل از تجربیات بی‌شمار از نسلی به نسل دیگر انتقال می‌یافت. در آغاز، این انتقال اطلاعات به طور شفاهی صورت می‌گرفت، ولی در زمان خلافت عباسیان به صورتی منظم و مکتوب درآمد. در قرن چهارم هجری (قرن دهم میلادی)، مقدسی در



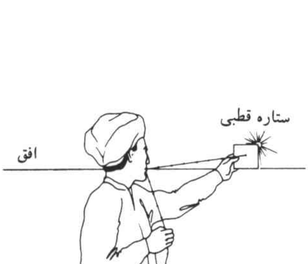
۵-۵ پاشنهٔ تزیین‌شدهٔ کشتی عمانی مشهور به غَنْجَه [به‌مفهوم «خوشخرام»] که نوعی سفینهٔ تجارتی اقیانوس‌پیما بود و بر حسب ضرورت به‌جنگ‌افزارهای دریایی نیز مجهز می‌شد.

سفرنامه‌های خود به گفت‌وگوهایش با اعضای انجمنهای اخوت متشکل از دریانوردان خلیج فارس اشاره می‌کند که اطلاعات مربوط به سفرهای دریایی به هند و مناطق دیگر را روی نقشه‌ها یا در کتابها و بایگانیهای اختصاصی ضبط کرده بودند. وی همچنین کشف می‌کند که این مدارک و اسناد شامل نمودارها و نقشه‌هایی از سواحل و مناطق مختلف دریاهای مسیر بود که همهٔ آنها را به مربعهایی با طول و عرض جغرافیایی معین تقسیم کرده بودند. علاوه بر این، جهت بادها و اطلاعات مربوط به شرایط جزر و مدها نیز در این اسناد ذکر شده بود. دریانوردان آزموده همگی با نقاط خطرناک دریاهای مسیر، مانند صخره‌ها و آبتَل‌های ناپیدا آشنایی داشتند. به عنوان مثال، همه می‌دانستند که حوالی بصره یا مدخل دریای سرخ و تنگه‌های مسینا جزو مناطق خطرناک محسوب می‌شوند. برای تعیین و تشخیص موقعیت خود، دریانوردان مسلمان از نشانه‌ها و علامتهای گوناگون استفاده می‌کردند ــ مثلاً، از رنگ دریا، کیفیت بستر دریا، مشاهدهٔ انواع گوناگونی از پرندگان و، البته، شاخصهای آشنا در کرانه‌ها. با این حال، وسایل و لوازم علمی هم کاملاً نایاب نبود و تنوع و دقت آنها در طول قرون وسطی به طور مداوم افزایش می‌یافت.



۶-۵ قایق مسافربر رودخانه‌ای در بین‌النهرین، با سه نفر پاروزن. قرن سیزدهم میلادی، کتابخانهٔ ملی، پاریس.

روش متعارف برای تعیین عرض جغرافیایی، اندازه‌گیری ارتفاع ستارهٔ قطبی بود. برای این اندازه‌گیری مسلمانان از واحدی به نام «یک انگشت» (اِصبَع) استفاده می‌کردند که تقریباً معادل ۱/۵ درجه بود و گاه واحد دیگری به نام ضمّ را هم به‌کار می‌بردند که برابر با یک‌هشتم واحد قبلی بود. عمل مشاهده در این نوع اندازه‌گیری به وسیلهٔ آلتی صورت می‌گرفت که آن را کمال می‌نامیدند و عبارت بود از صفحه‌ای که ریسمانی به مرکز آن متصل کرده بودند. این ریسمان با گره‌هایی به فاصلهٔ یک انگشت مدرج شده بود. شخص ناظر، ریسمان را به دندان می‌گرفت و صفحه را آنقدر حرکت می‌داد تا لبهٔ بالایی آن، درست زیر ستارهٔ قطبی قرار گیرد و لبهٔ پایینی آن مماس با خط افق باشد (شکل ۷-۵). در این حالت، طول ریسمان ارتفاع را به «انگشت» و ضمّ به دست می‌داد. ناخدا، با دانستن عرض جغرافیایی مقصد خود، به همان سو بادبان می‌کشید و آنقدر پیش می‌رفت تا به پایان سفر خود برسد. ورود قطب‌نما به دنیای اسلام، در آغاز قرن هفتم هجری (قرن سیزدهم میلادی)، تحول بزرگی در ناوبری دریایی ایجاد کرد. پدیدهٔ مغناطیس و عقربهٔ مغناطیسی قرنها پیشتر در چین کشف شده بود، ولی درست معلوم نیست که چه کسی استفاده از عقربهٔ مغناطیسی را در کشتیها باب



۷-۵ کاربرد کمال برای اندازه‌گیری ارتفاع ستارهٔ قطبی، که محاسبهٔ عرض جغرافیایی را ممکن می‌ساخت.

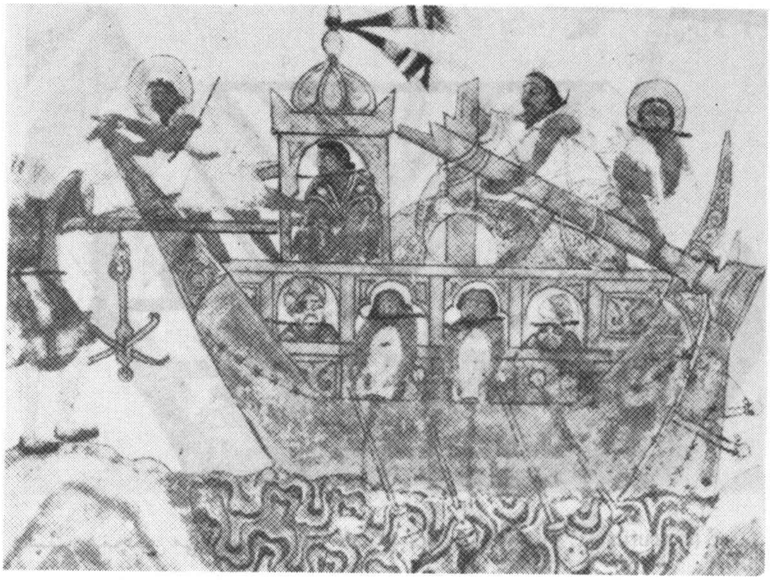
کرده است. از آنجا که مشابهت چشمگیری بین روشهای ناوبری مسلمانان و چینیان دیده می‌شود، نسبت دادن ابتکار فوق‌الذکر به هریک از دو طرف پذیرفتنی خواهد بود.

اوج تکامل فنون ناوبری در اسلام را می‌توان در نوشته‌های ابن‌مجید مطالعه کرد که در نیمهٔ دوم قرن نهم هجری (قرن پانزدهم میلادی) می‌زیست. منابع و مآخذ اطلاعات او قبل از هرچیز در مهارتهای نیاکان و چهل سال تجربهٔ شخصی خود او در بحرپیمایی بوده است. این منابع را ابن‌مجید با مطالعهٔ گستردهٔ آثار جغرافیادانان، منجمان، و دریانوردان سرزمینهای اسلامی تکمیل کرده است. ابن‌مجید اطلاعات گرانبهایی برای رفتن از افریقای شرقی به هند در اختیار واسکو دوگاما، دریانورد مشهور پرتغالی می‌گذارد و هنگامی که واسکو دوگاما بعضی آلات و ادوات دریانوردی را به او نشان می‌دهد، وی باکمال تعجب به او می‌گوید که مدتهاست دریانوردان مسلمان از چنین وسایلی در کشتیهای خود استفاده می‌کنند!

۳-۵ ناوگان

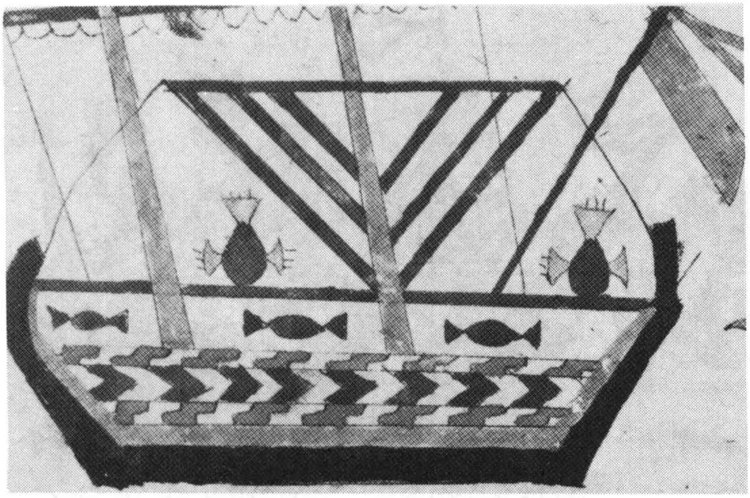
اعراب خیلی زود متوجه شدند که برای حفظ و تحکیم سلطهٔ خود بر سرزمینهای تسخیرشده، نیاز به نیروی دریایی کارآمد دارند. کمتر از یک دهه پس از فتح مصر، اعراب سلطهٔ بیزانس بر مدیترانهٔ شرقی را به مبارزه طلبیدند: قبرس در ۳۰ هجری/ ۶۴۹ میلادی و رودس در ۵۲ هجری/ ۶۲۷ میلادی، اشغال شده بود. با فتح افریقای شمالی و اسپانیا در تقریباً چهل سال بعد، برتری دریایی مسلمانان در سرتاسر مدیترانه استوار گشت و تا دو قرن بعدی هم بی‌رقیب ماند. نیروهای اعزامی از شمال افریقا در سال ۲۱۱ هجری/ ۸۲۷ میلادی جزیرهٔ سیسیل را اشغال کردند و از آن زمان به بعد حملات پراکنده‌ای نیز به سواحل ایتالیا و فرانسه صورت می‌گرفت.

در آغاز فرمانروایی مسلمانان بر آبهای مدیترانه، کشتیهای آنها به وسیلهٔ کارگاههای بومی کشتی‌سازی در مصر ساخته می‌شد و روشهای طراحی و ساخت نیز همانهایی بود که برای تولید ناوگان بیزانسی به کار می‌رفت. ملوانان



۸-۵ تصویری از یک دستنوشتهٔ قرن سیزدهم میلادی (قرن هفتم هجری) که‌نمایشگرکشتی‌توفان‌-زده‌ای است که دگل آن شکسته و فقط به وسیلهٔ پاروزنان به پیش رانده می‌شود. انستیتوی شرقی، سن‌پیترزبورگ.

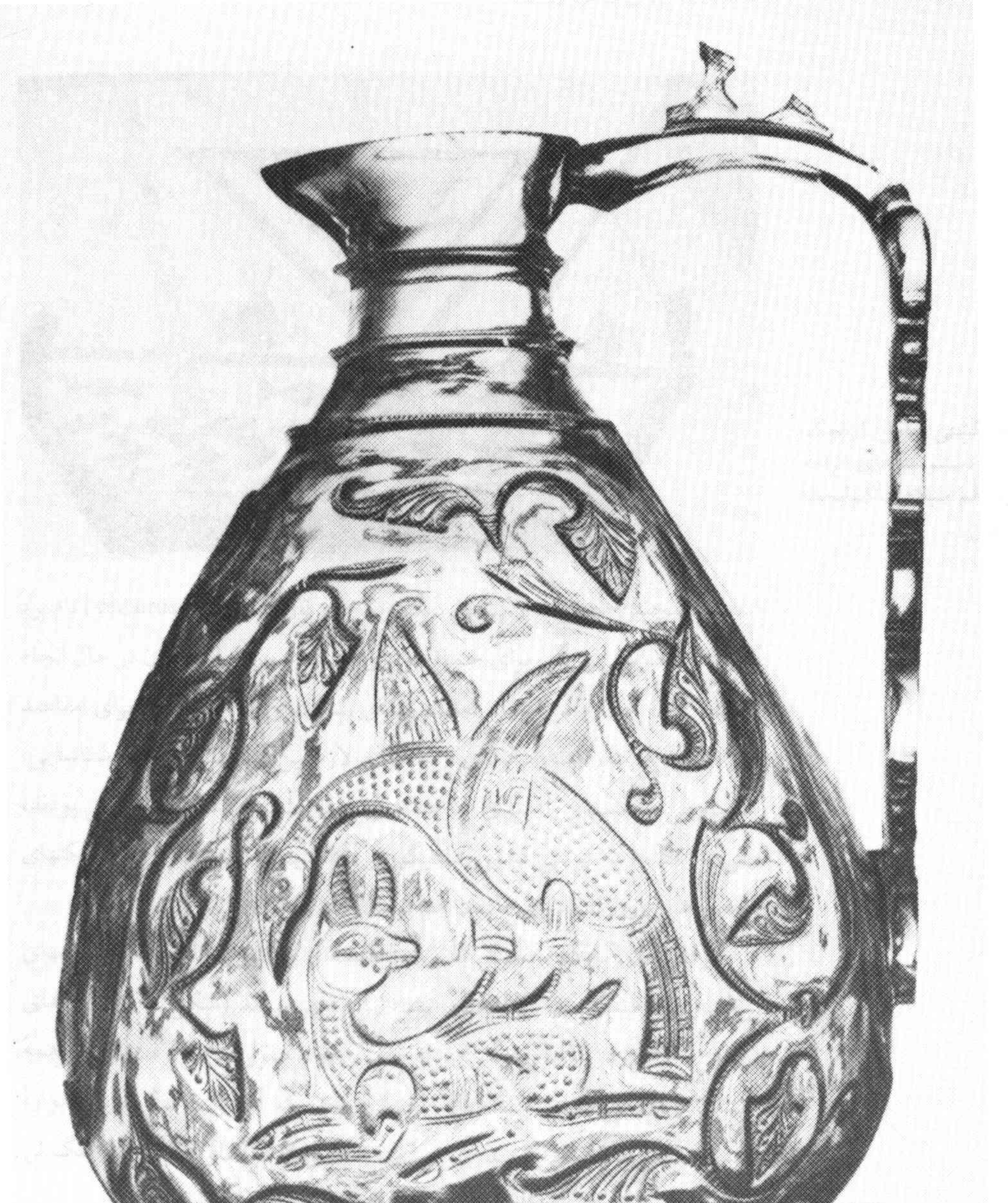
و ناویان نیز از میان مردم محلی استخدام می‌شدند، ولی گروه رزمندگان را خود اعراب تأمین می‌کردند. ولی با گذشت زمان این تمایزها از بین رفت و ساخت کشتیها و تجهیزات جنگی آنها نیز به وسیلهٔ خود مسلمانان انجام می‌گرفت. این واقعیتی انکارناپذیر است که مسلمانان در هر دو زمینه به پیشرفتها و مهارتهای چشمگیری دست یافتند. عملکردهای آنان در طراحی شامل کشتیهای جنگی بزرگی از نوع شنه می‌شد که با ۱۴۳ پاروزن به حرکت درمی‌آمد. در ۳۳۶ هجری/ ۹۷۲ میلادی، خلیفهٔ فاطمی معزّالدین‌الله، شخصاً نظارت بر ساخت ۶۰۰ فروند از همین نوع نبردناو را در کارگاههای مقس در مصر برعهده گرفته بود. نوع دیگری از نبردناوهای بزرگ نیز ساخته شده بود که می‌توانست به طور همزمان ۴۰ بادبان برافرازد، و گزارشی از نوعی نبردناو دیگر در دست است که به موجب آن سفینهٔ یادشده قادر بود ۱۵۰۰ سرنشین شامل خدمه و سربازان مسلح را حمل کند. کشتیهای بزرگ دیگر عبارت بودند از غُراب (به معنای تحت‌اللفظی، کلاغ) که احتمالاً به مناسبت شکل سینهٔ کشتی بوده است، و شَلَنده، که عرشهٔ پهن آن برای حمل بار طراحی شده بود. این دو نام اخیر به صورت «corvette» [به معنای کشتی شکاری - م.] و «challand» به زبانهای اروپایی راه یافته



۹-۵ یک کشتی حامل نارنجک، از یکی از دستنوشته‌های الرامه. قرن سیزدهم میلادی، کتابخانهٔ ملی پاریس.

است. همچنین می‌توان از کشتی دیگری به نام قورقوره (لاتین cercurus) نام برد که سفینهٔ قبرسی بزرگی برای حمل مواد و مصالح مورد نیاز ناوگان در حال انجام وظیفه بود. علاوه بر اینها، تعداد زیادی کشتیهای کوچکتر نیز برای مقاصد ویژه‌ای چون تدارکات، برقراری ارتباطهای لازم بین کشتیها و ساحل، شناسایی، گشت‌زنی، تعقیب و راهبندی ساخته شده بود. بیشتر این کشتیها پارویی بودند، ولی شوبک (که نوعی کشتی ماهیگیری در مدیترانه بود) علاوه بر نیمکتهای مخصوص پاروزنان دارای بادبان هم بود.

نبردناوهای بزرگ معمولاً علاوه بر خدمه و تیراندازان ماهر، به دستگاههای پرتاب مواد منفجره و گلوله‌های آتشزا نیز مجهز بودند (شکل ۹-۵). نبردهای دریایی، لااقل در اوایل درگیری، از فاصلهٔ دور صورت می‌گرفت، ولی همهٔ کشتیهای جنگی دارای چنگکهای آهنینی بودند که آنها را به لبهٔ بالایی دیوارهٔ کشتی دشمن قلاب می‌کردند. سرنوشت بسیاری از نبردهای دریایی با جنگ تن به تن بین سرنشینان ناوگانهای متخاصم تعیین می‌شد.



٦ تکنولوژی شیمیایی

۱-۱ کیمیاگری، شیمی و تکنولوژی شیمیایی

به هنگام بررسی تحول شیمی صنعتی در دنیای اسلام بی‌درنگ متوجه خواهیم شد که از تفاوت قائل شدن بین «کیمیاگری» و «شیمی» چیزی عایدمان نخواه شد. کلمهٔ عربی کیمیا از دیدگاه تکنولوژیکی برای بیان هر دو مفهوم فوق‌الذکر به‌کار می‌رفت و، بنابراین، شامل فرایندهای گوناگونی می‌شد، مانند ذوب و به عمل آوردن فلزات (متالورژی)، تقطیر نفت و عطرها و دیگر مواد، ساخت رنگها، مرکبها، قند و شکر، شیشه، و انبوهی دیگر از فراورده‌های گوناگون

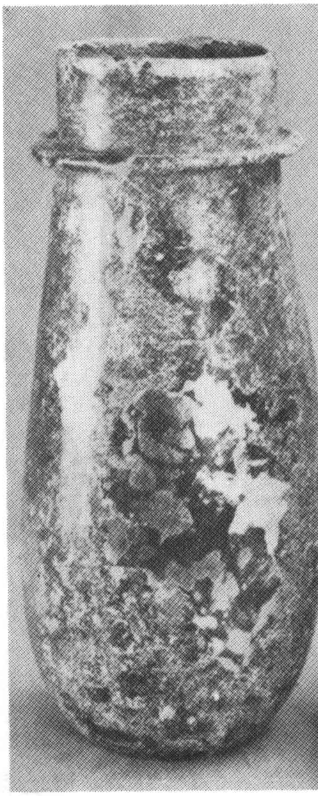
از سوی دیگر کیمیاگری به بعضی زمینه‌های دیگر هم که بیشتر کیفیتی ماورای طبیعی یا فلسفی داشتند، راه یافته بود ـ مثلاً به مباحثی چون ماهیت روح یا فضای کیهانی، و غیره. این جنبه از کیمیاگری به واکنشهای متفاوتی میدان داده بود. برخی از دانشمندان برجسته همچون جابر و رازی به استحالهٔ فلزات اعتقاد داشتند و بعضی دیگر از بزرگان علم فلسفه مانند ابن‌سینا و الکندی، نه. ولی هر دو گروه به جنبه‌های تکنولوژیکی امر توجه نشان می‌دادند. آثار جابر، رازی، الکندی و دیگران انباشته از اطلاعات و دستاوردهایی است که شیمی صنعتی و مهندسی شیمی امروزین از بسیاری لحاظ مدیون آنهاست. جابر و رازی (که در غرب آنها را به نامهای Geber و Rhazes می‌شناسند) بزرگترین دانشمندان تاریخ شیمی و تکنولوژی شیمیایی در عالم اسلام محسوب می‌شوند و آثار علمی و عملی آنها تأثیر بی‌چون و چرایی بر دانشمندان و پژوهشگران نسلهای بعدی، اعم از مسلمانان و اروپایی، برجای گذاشته است.

۶-۱ تُنگ بلور کنده‌کاری‌شده، ساخت مصر. اواخر قرن دهم میلادی. موزهٔ ویکتوریا و آلبرت، لندن.

۲-۶ تجهیزات کیمیاگری

آثار عربی مربوط به شرح و تعریف فرایندها و تجهیزات شیمیایی فراوان است. پاره‌ای از تاریخ‌نگاران علم گفته‌اند که «در حدود سال ۲۸۰ هجری/ ۹۰۰ میلادی، معلومات دقیق و صحیح و همچنین تعداد آلات و ادوات مواد شیمیایی شناخته‌شده به چنان وسعتی رسیده بود که مسلماً ناروا نخواهد بود اگر تاریخ تولد شیمی علمی را لااقل ۹۰۰ سال به عقب ببریم.»

رازی (وفات، ۳۱۳ هجری/ ۹۲۵ میلادی) در کتاب‌الاسرار خود شرح کاملی از تجهیزات کیمیاگری به دست می‌دهد و به طور کلی آنها را به دو گروه تقسیم می‌کند: (۱) آنهایی که برای ذوب یا دیگر فرایندهای حرارتی به کار می‌روند، و (۲) تجهیزات مربوط به پردازش مواد شیمیایی (تدبیر). جدول ۱ حاوی فهرستی است که زکریای رازی تدوین کرده است.



۲-۶ نوعی ظرف شیشه‌ای مخصوص که کیمیاگران اسلامی در فرایندهای تصعید و تقطیر به‌کار می‌بردند. قرنهای دهم تا دوازدهم میلادی، موزهٔ علوم، لندن.

جدول ۱. تجهیزات شیمیایی در کتاب‌الاسرار زکریای رازی

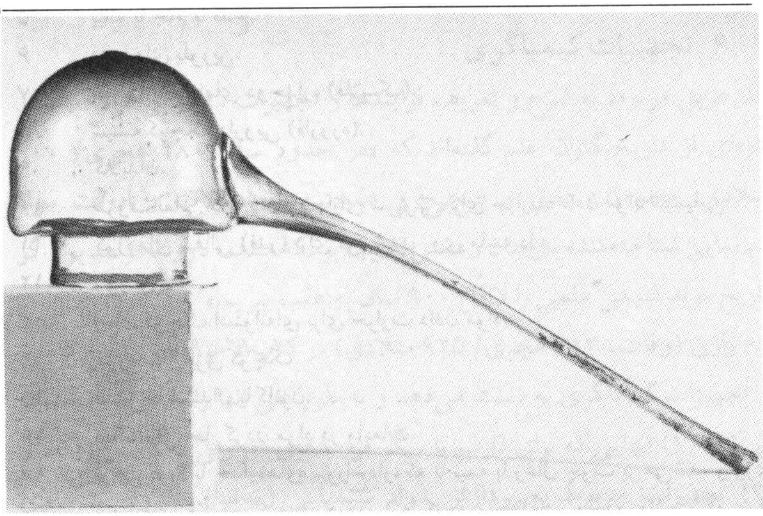
(۱) لوازم مخصوص ذوب یا حرارت دادن مواد

۱	کورهٔ آهنگری
۲	دَم دستی
۳	بوته
۴	بوته - بر - بوته (کف بوتهٔ بالایی سوراخ سوراخ است).
۵	بارریز ریخته‌گری، یا ملاقه
۶	انبر آهنگری
۷	قیچی آهن‌بر
۸	پتک یا چکش
۹	سوهان
۱۰	قالب آهنی نیمه‌استوانه‌ای

(۲) ابزارها و دستگاههای مخصوص پردازش مواد شیمیایی (تدبیر)

۱	قرع برای تقطیر، و انبیق دارای لولهٔ خروجی.
۲	ظرف مایع تقطیرشده (قابله).
۳	انبیق کور (بدون لولهٔ خروجی).
۴	ظرف بستهٔ گلابی‌شکل مخصوص تصعید مواد، یا تنبوشه.

۵ پیاله یا جام یا قَدَح.
۶ فنجانهای بلورین.
۷ بطریها یا ظرفهای دوجداره (فلاسک).
۸ شیشهٔ کوچک دارویی (قاروره).
۹ گلابدان.
۱۰ ظروف لعابی دهن‌گشاد و دارای سرپوش برای حرارت دادن مواد شیمیایی.
۱۱ کوزه‌های سفالی (قِدر) برای گرم شدن روی ماسه داغ.
۱۲ تنور بزرگ.
۱۳ اجاق کوچک استوانه‌ای برای حرارت دادن مواد.
۱۴ کوره سفال‌پزی کوچک.
۱۵ منتقل یا آتشدان یا کانون.
۱۶ دیگ برای حل کردن مواد در مایعات.
۱۷ نوعی کوره با جداره‌های سوراخ‌دار، که تا نیمه با زغال چوب پر می‌شد، و روی سه‌پایه‌ای قرار می‌گرفت. درون این کوره محفظه‌ای وجود داشت که مواد مختلف را برای ترکیب با یکدیگر یا برای تکلیس در داخل آن قرار می‌دادند.
۱۸ هاون سنگی و دستهٔ آن که گاه با بلور هم ساخته می‌شد.
۱۹ هاون سنگی سخت (صلایه) و غلتک سنگی برای نرم کردن مواد.
۲۰ جعبه‌های سفالی که لایه‌هایی از مواد تکلیس‌شدنی را در آن روی هم می‌چیدند و پس از آن‌که درِ محفظه را گِل می‌گرفتند، آن را روی آتش گرم می‌کردند.
۲۱ نوعی تابهٔ آهنی دردار برای تکلیس مو در جریان تهیهٔ کلرید آمونیاک.
۲۲ قالب مدور (نوعی کوره) که برادهٔ آهن مخلوط با مواد دیگر را در آن قرار می‌دادند تا مخلوط را تحت تأثیر آتش قرار دهند.
۲۳ پارچهٔ مویی که مواد خاصی را در آن می‌پیچیدند و در محیطی گرم و مرطوب قرار می‌دادند تا میعان حاصل شود و سرانجام مایعی غلیظ به دست آید.
۲۴ قیف شیشه‌ای که چکه‌های پارچهٔ مویی را به وسیلهٔ آن در یک بطری شیشه‌ای جمع می‌کردند.
۲۵ اَلک مویی یا ابریشمی.
۲۶ صافی که از پارچه‌های کتانی ظریف ساخته می‌شد.
۲۷ صافی خاصی که با یک جام دارای کف مشبک درست می‌شد، بدین ترتیب که خرده‌های مو یا الیاف دیگر را روی سوراخهای کف جام می‌گستردند.
۲۸ بشقاب یا نعلبکی‌های مختلف.
۲۹ توری یا قفس نمدپوش که برای بعضی از واکنشها آن را زیر توده‌ای از سرگین حیوانات دفن می‌کردند. گاه این توری را روی قیفی پر از مواد حل‌شدنی می‌کشیدند و قیف را به دهانهٔ بطری می‌گذاشتند و، سپس، کل این مجموعه را زیر توده‌ای از کودهای حیوانی دفن می‌کردند.
۳۰ چراغ (قندیل) برای کسب حرارت ملایم.



۳-۶ انبیق شیشه‌ای از مصر. قرنهای ششم تا هشتم میلادی، موزهٔ ویکتوریا و آلبرت، لندن.

۳-۶ فرایندهای کیمیاگری

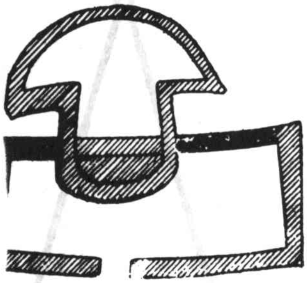
اصول اساسی کار رازی را می‌توان به فرایندهای عمدهٔ زیرین تقسیم کرد. در این فرایندها رازی اغلب اصطلاحاتی را به کار می‌گیرد که بعدها عیناً در شیمی علمی پذیرفته شدند:

(الف) تقطیر. در این عمل از قرع و انبیق استفاده می‌کردند و حاصل کار را در طرفی به نام قابله (دریافت‌کننده) جمع می‌کردند.

(ب) تصعید [یعنی تبخیر بدون گذشتن از مرحلهٔ میانی مَیَعان] این عمل به وسیلهٔ دستگاهی به نام تنبوشه انجام می‌گرفت. (کلمهٔ تصعید را تقریباً مترادف با تقطیر به کار می‌بردند). تنبوشه را در تصویرهای ۴-۶ (الف) و (ب) نشان داده‌ایم. این تصویر ۴-۶ (الف) از دستنوشتهٔ الکاثی (۴۳۶ هجری/ ۱۰۳۴ میلادی) اقتباس شده که به زبان عربی موجود است، در حالی که تصویرهای ۴-۶ (ب) و ۴-۶ (پ) متعلق به یکی از ترجمه‌های آثار جابر به زبان لاتینی است (قرن سیزدهم میلادی).

فرایند تصعید را برای خالص‌سازی موادی چون گوگرد به کار می‌گرفتند. در تصویرهای فوق‌الذکر ظرف گلدان‌مانندی را می‌بینیم

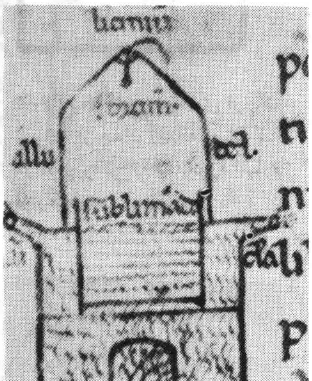
(تنبوشه) که مادهٔ تصعیدشونده را در آن قرار می‌دادند. این ظرف را معمولاً با گِل رس می‌ساختند و درون آن را لعاب می‌زدند، ولی در بعضی موارد همین ظرف را از آهن، شیشه یا سنگ هم می‌ساختند. تنبوشه دارای نوعی طاقچه یا ناودانک حلقوی بود که مواد تصعیدشده را در خود گرد می‌آوردند. تنبوشه را روی کوره یا تنور خاصی قرار می‌دادند. روی تنبوشه، نوعی درپوش مخروطی یا کاسه‌مانند جای می‌گرفت.



۴-۶ (الف) تنبوشه: ظرف بسته‌ای با نوعی طاقچهٔ حلقوی و درپوش مخصوص که در عمل تصعید به کار می‌رفت. از یک دستنوشتهٔ قرن سیزدهم میلادی، اثر الکاثی (قرن یازدهم میلادی/ قرن پنجم هجری).

روش ساده‌تری هم برای تصعید وجود داشت که در آن از ظرفهای دوجداره استفاده می‌کردند. این عمل را «خفه کردن»[112] (تخنیق) یا «پروراندن»[113] (ترخیم) می‌نامیدند. در این روش، مادهٔ مورد نظر را به تنهایی یا مخلوط با روغن، اگر عصاره یا «جوهر» آن مورد احتیاج بود، در بطری دوجداره یا فلاسک قرار می‌دادند. بعد آن را به ملایمت حرارت می‌دادند تا هرگونه رطوبت یا حالت روغنی از بین برود و، سرانجام، پس از مسدود کردن کامل دهانهٔ بطری، ظرف را به شدت گرم می‌کردند تا مادهٔ مورد نظر در گلوگاه فلاسک تصعید شود.

(پ) تصفیه. این عمل در دستگاهی به نام بوته ـ بر ـ بوته انجام می‌گرفت (استنزال). مادهٔ مورد نظر را در بوتهٔ فوقانی قرار می‌دادند (آنکه قاعده‌ای آبکش‌وار داشت) هنگامی که بوته را گرم می‌کردند، مادهٔ مورد نظر آب می‌شد و از خلال سوراخهای بوتهٔ فوقانی به درون بوتهٔ تحتانی می‌چکید و در ضمن مقداری کف و ناخالصی را هم پشت سر می‌گذاشت. از این فرایند در ذوب و به عمل آوردن فلزات (متالورژی) استفاده می‌کردند (ر.ک. فصل نهم)، و نوعی دیگر از آن را تجسید می‌نامیدند.



۴-۶ (ب) نوعی تنبوشه که به وسیلهٔ جریان گازهای گرم یک کورهٔ زغالی گرم می‌شود. تصویر از یک دستنوشتهٔ لاتین که ترجمه‌ای است از آثار جابربن حیان. قرن سیزدهم میلادی، کتابخانهٔ ملی، پاریس.

(ت) تشویه. در این فرایند مادهٔ مورد نظر را در یک هاون تخت (صَلایه) با آب رطوبت می‌دادند و بعد آن را به یک بطری یا فنجان که درِ آن قابل مسدود شدن بود منتقل می‌کردند. سپس، این ظرف را درون ظرف

112) Stangulation 113) Incubation

دیگری آویزان می‌کردند و آن را روی آتش می‌نهادند. پس از آن‌که رطوبت اضافی از بین می‌رفت، درِ ظرف داخلی را می‌بستند و آنگاه ظرفها را آنقدر حرارت می‌دادند تا فرایند تشویه یا بریان کردن کامل شود. این روشَ، بخصوص از آن‌نظر که از نوعی «حمام هوا» برای حرارت دادن ملایم استفاده می‌کند، حائز اهمیت است.

(ث) طبخ. این فرایند نوع دیگری از عمل تشویق بود که در حضور رطوبت زیاد از آن استفاده می‌کردند.

(ج) تلقیم یا ملقمه‌سازی، به معنای مخلوط کردن مواد با جیوه. این عمل را اغلب به عنوان مقدمه‌ای بر تصعید و تکلیس انجام می‌دادند.

(چ) غُسل، یا شست‌وشو. این عمل نیز ظاهراً مقدمه‌ای بر تصعید بوده است.

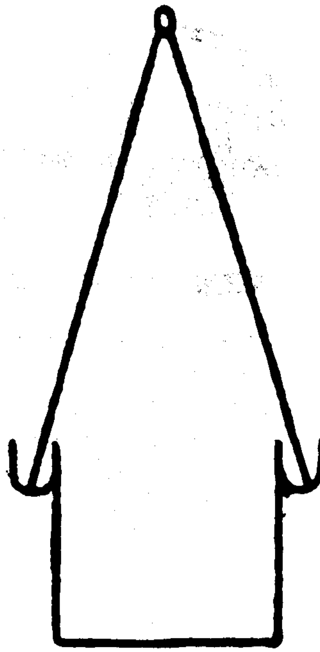
(ح) (۱) تکلیس. این عمل شبیه به تشویه بود، ولی ظرف دربسته را مستقیماً در تماس با آتش قرار می‌دادند و عمل حرارت دادن آنقدر ادامه می‌یافت تا مادهٔ مورد نظر به صورت گردی تقریباً غیرقابل لمس درآید.

(۲) تشمیع، یا تبدیل مواد به حالتی موم‌مانند. این عمل وقتی صورت می‌گرفت که مادهٔ مورد نظر را به وسیلهٔ یکی از روشهای پیشگفته از ناخالصی‌هایش تصفیه کرده باشند. مادهٔ مورد نظر پس از آن‌که به حالت مومی درمی‌آمد، آن را روی یک صفحهٔ فلزی داغ می‌چکاندند تا به سرعت و بدون ظاهر شدن شعله آب شود.

(۳) تحلیل یا حلّ، به معنای «سست کردن» ذرات یا «ازهم پاشاندن» اجزای یک مادهٔ معین بود. این عمل نشان‌دهندهٔ حالت فیزیکی دیگری بود که پس از حالت مومی‌شکل پیش می‌آمد. زکریای رازی در کتاب الاسرار هشت روش مختلف برای تحقق این فرایند ذکر می‌کند که از آن میان می‌توان به کاربرد اسید یا «تیزاب» اشاره کرد. روش اخیر یادآور این واقعیت است که رازی را باید بی‌چون‌وچرا کاشف اسیدهای معدنی دانست.

(۴) تمزیج، یا ترکیب. رازی برای این عمل سه روش ذکر می‌کند:

اول- سایش یا صلایه کردن، پس از تشویه.



۶-۴ (پ) طرح دیگری از یک تنبوشه از همان رسالهٔ جابر که در تصویر ۴-۶ (ب) مورد اشاره قرار گرفت.

دوم- سایش پس از تشمیع یا مومی کردن.

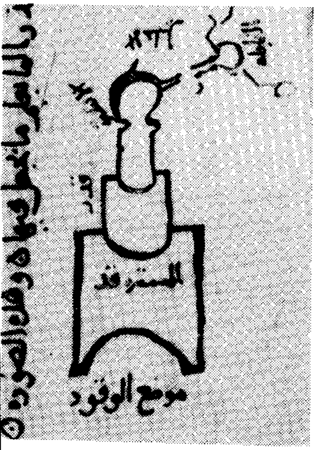
سوم- ترکیب محلولها.

(۵) انعقاد، یا عقد. این عمل معمولاً آخرین بخش کلیهٔ فرایندهای دیگر بود که یا از طریق تشویه به عمل می‌آمد یا از طریق «دفن» بطری نمدپوش در زیر توده‌ای از کودهای حیوانی، یا از طریق حرارت دادن در «انبیق کور» (بدون لولهٔ خروجی).

۴-۶ تقطیر

در تکنولوژی شیمیایی جهان اسلام، تقطیر یکی از مهمترین فرایندها را تشکیل می‌داد و به مقیاس وسیع برای تولید مواد دارویی و فراورده‌های صنعتی عادی و نظامی به کار گرفته می‌شد. مسلمانان در فن تقطیر به استادی رسیده بودند و معلومات نظری و عملی آنها به مغرب زمین راه یافت. وجود بسیاری از واژه‌ها و اصطلاحات عربی این تکنیکها در زبانهای اروپایی شاهد این مدعاست.

برای عمل تقطیر تجهیزات گوناگونی به کار گرفته می‌شد، ولی در اینجا ما فقط به دو نوع عمده از آنها اکتفا می‌کنیم. شکلهای ۵-۶ (الف) و (ب) دستگاههای تقطیر مورد استفادهٔ الکندی راکه در میانهٔ قرن سوم هجری (قرن نهم میلادی) می‌زیست، نشان می‌دهد. این تصویرها را از کتاب کیمیاءالعطر و التصعیدات الکندی برگرفته‌ایم. در شکل ۵-۶ (الف) عمل تقطیر با نوعی قرع بدون طوقهٔ حلقوی صورت می‌گیرد که آن را روی حمام آب گرم قرار داده‌اند. در شکل ۵-۶ (ب) تقطیر به وسیلهٔ طوقه‌ای حلقوی انجام می‌گرید و ظرف مایع روی اجاقی با آتش زغال چوب به ملایمت گرم می‌شود.



(الف)



(ب)

۵-۶ دو نوع تقطیر برای تهیهٔ گلاب و دیگر مواد. تصاویر از یک دستنوشتهٔ الکندی برگرفته شده‌است. قرن‌نهم میلادی (قرن سوم هجری)، موزهٔ سلیمانیه، استانبول.

مسلمانان نقش عمده‌ای در ایجاد و توسعهٔ نوعی از دستگاههای تقطیر داشته‌اند که به طور سنتی آنها را در علم شیمی قرع می‌نامَند، ولی همین دستگاهها را به دلیل آنکه شباهتی هم به منقار پرندگان یا نوعی کدو دارند، «پلیکان» یا «کدو قلیانی» هم نامیده‌اند. در این نوع دستگاههای تقطیر، بخش بالایی دستگاه از بخش پایینی آن جدا نیست و به همین دلیل تراکم بخار و تقطیر در اثر بهتر سرد شدن لولهٔ جانبی دستگاه بازده بیشتری دارد و هرچه طول این

لولهٔ خروجی منقارمانند بیشتر باشد، کارآیی دستگاه نیز بیشتر می‌شود. شکل ۶-۶ طرحگونه‌ای از یک قرع و انبیق یکپارچه است که از دستنوشته‌ای به زبانهای سریانی و عربی برگرفته‌ایم. کلمهٔ عربی العوجا که در تصویر مشاهده می‌شود به معنایَ «دستگاه خمیده» است.



۶-۶ تقطیر به وسیلهٔ قرع شیشه‌ای. از دستنوشته‌ای به زبانهای سریانی و عربی (قرن شانزدهم میلادی/ قرن دهم هجری). کتابخانهٔ بریتانیا، لندن.

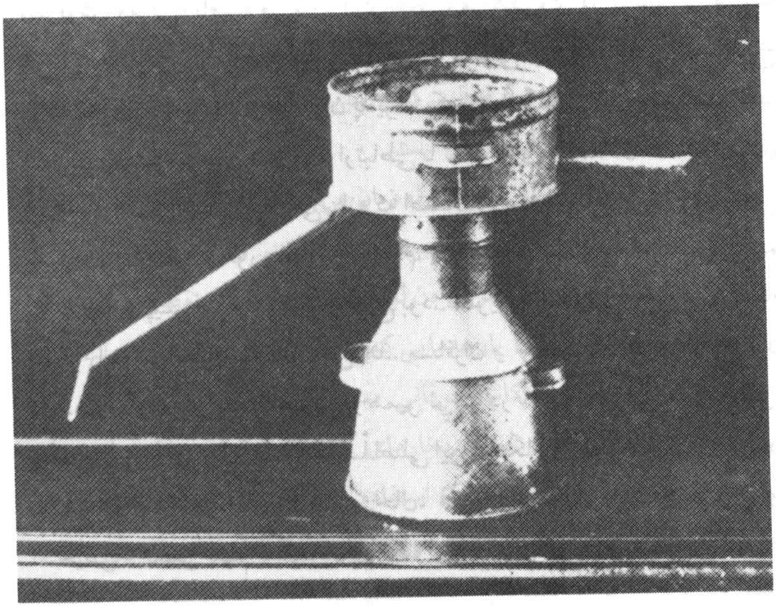
در تصاویر نخستین آثار علمی که به زبان عربی نگاشته شده، در اطراف لولهٔ خروجی جانبی از لولهٔ حاوی آب سرد خبری نیست. ولی تردیدی نیست که کیمیاگران آن دوره به خواص سردکردن لولهٔ خروجی دستگاه تقطیر آشنا بوده‌اند و مسلماً به وسیلهٔ اسفنج یا پارچه‌هایی که به طور متناوب آنها را در آب سرد خیس می‌کرده‌اند و روی کاسهٔ فوقانی دستگاه یا روی لولهٔ خروجی قرار می‌داده‌اند، فرایند تراکم و میعان بخارهای گرم را بهبود می‌بخشیده‌اند. ولی شواهد موجود حاکی از آن است که استفاده از جریان آب سرد در اطراف لولهٔ خارجی دستگاه تقطیر یکی از پیشرفتهای بعدی بود که در غرب روی داد. به همین طریق، در مورد چگونگی تقطیر الکل نیز باید محتاط بود. این درست است که تقطیر الکل مستلزم سرد کردن لولهٔ خارجی قرع یا درپوش فوقانی دستگاه است، ولی فراموش نشود که اطلاعات کنونی ما دربارهٔ واژگان و اصطلاحات فنی زبان عربی قرون وسطی و همچنین آگاهیهای کنونی ما از نوشته‌های مربوط به علم شیمی آن دوران در مرحله‌ای ابتدایی است و، بنابراین هنوز خیلی زود است که در مورد نقش آب سرد در دستگاههای تقطیر اسلامی به نتیجه‌گیریهای قطعی بپردازیم. در حال حاضر به اندازهٔ کافی گویا به نظر می‌رسد که «حمام آب سرد»ی راکه سقف کاسه‌مانند دستگاههای تقطیر را دربر می‌گیرد اغلب «سرپوش مغربی» می‌نامند. به علاوه، تصویر این نوع «حمام آب سرد» در کتابهای غربی زودتر از ۱۴۸۵ میلادی دیده نمی‌شود (هرچند نوعی پوشش آب سرد برای خنک کردن لولهٔ جانبی قرع و انبیق‌های یکپارچه در یکی از نوشته‌های غربی ۱۴۲۰ به چشم می‌خورد). ولی، با تمام این احوال، جالب آن است که توصیف روشن و دقیق چنین فرایندی فقط در حوالی ۱۵۷۰ میلادی در نوشته‌های کیمیاگران غربی پدیدار می‌گردد. جوزف نیدهام، در کتاب مشهور خود، تاریخ علم و تمدن چین باستانی، از تعارض لفظی حیرت‌انگیزی که به موجب آن پیشرفته‌ترین تکنیک تبرید دستگاههای تقطیر دورهٔ رنسانس اروپا

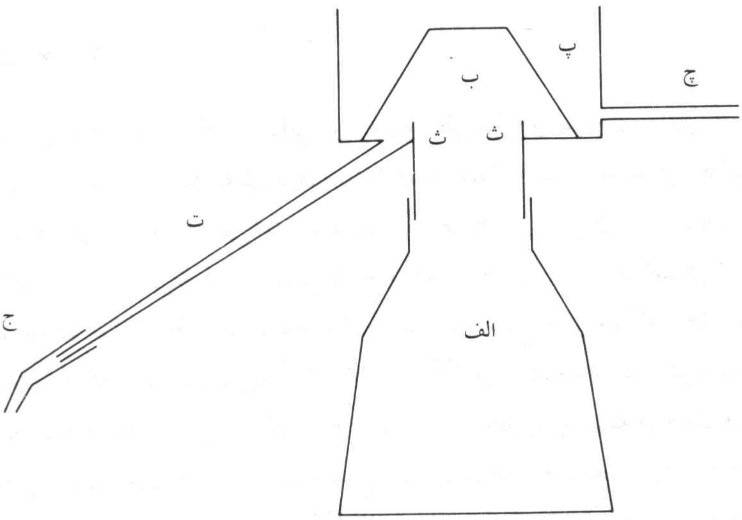
«سرپوش مغربی» نامیده می‌شود ابراز تعجب می‌کند. وی در تفسیر این مطلب می‌نویسد: «مورخان علم شیمی ظاهراً توضیحی برای منشأ این اصطلاح نیافته‌اند، ولی به دشواری می‌توان پذیرفت که این نام‌گذاری صرفاً به قصد حقیر شمردن مغربیان بوده و هیچ‌گونه ارتباطی با تکنولوژی مسلمانان نداشته است.» نیدهام در ضمن خاطرنشان می‌سازد که اصطلاح «سرپوش مغربی» در «سرزمین مغربیان» [مراکش و موریتانی کنونی - م.] رایج بوده است و ما اضافه می‌کنیم که تا چندی پیش هم هنوز در آنجا رایج بود. تصویر ۷-۶ نوعی سرپوش دستگاه تقطیر رایج در الجزایر را نشان می‌دهد. مسافران و جهانگردان غربی اوایل قرن هجدهم میلادی نیز دستگاههایی از همین نوع را در سوریه دیده بودند. بنابراین، به‌احتمال زیاد می‌توان‌گفت که منشأ اصلی این دستگاه از همان سرزمین مغربیان در شمال افریقا بوده است. با این‌حال، هنوز پژوهشهای پیشرفته‌تری برای تشخیص و تعیین سهم مسلمانان در تکنولوژی شیمیایی لازم به‌نظر می‌رسد.

۵-۶ الکل

مهمترین کشفیات بزرگ شیمیایی در قرون وسطی الکل و اسیدهای معدنی بود. کلید کشف آنها فرایند تقطیر بود. مسلمانان، به عنوان استادان مسلم فن تقطیر، این هر دو ماده را به راحتی تهیه می‌کردند. با وجود این، پاره‌ای از مورخان علم و تکنولوژی مدعی‌اند که نخستین شرح و تفسیر دربارهٔ تقطیر شراب در قرن دوازدهم میلادی (قرن ششم هجری)، در رساله‌ای راجع به تهیهٔ رنگدانه‌ها دیده شده[114] که آن را منتسب به آدلارد اهل باث[115] می‌دانند که خود او نیز رسالهٔ یادشده را از نوشته‌های پزشک معروف سالرنو در جنوب ایتالیا که در همان قرن می‌زیست ترجمه کرده بود. همین شرح و تفسیر در طول قرن بعدی نیز درکتابی راجع به «آتش یونانی» و باروت[116] ظاهر می‌شود که گویا نویَسندهٔ آن مارکوس گراکوس بوده است.

114) Mappae Clavicula
115) Adelard of Bath
116) Liber Ignium





۷-۶ یک دستگاه تقطیر الجزایری با «سرپوش مغربی» برای تهیهٔ گلاب و عصارهٔ گیاهان دارویی. گیاهها را در دیگ پر از آب دستگاه جای می‌دادند (الف) و زیر آن را آتش می‌کردند. بخار حاصل از حرارت به زیر سرپوش سردکنندهٔ (ب) راه می‌یافته و در آنجا تحت تأثیر سرمای آب جاری در (پ) تقطیر می‌شده است. مایع حاصل از تقطیر از دیواره‌های سرپوش (ب) به پایین می‌غلتیده، به ناودانک (ت) می‌ریخته، و از راه لولهٔ (ث) و افشانک (ج) در بطری یا ظرف دیگری جمع می‌شده است. آب موجود در لگنچهٔ (پ) را پس از گرم شدن از طریق لولهٔ (چ) خارج می‌کرده‌اند و به جای آن آب سرد می‌ریخته‌اند.

آدلارد یکی از مترجمان مشهور عربی به لاتین بوده و بدیهی به نظر می‌رسد که رسالهٔ فوق‌الذکر را تحت تأثیر نوشته‌های مسلمانان تدوین کرده باشد. همین سان، انتقال معلومات از اسپانیا نیز ممکن است به گسترش کیمیاگری در سالرنو یاری داده باشد، زیرا اینک مسلم شده است که ترجمهٔ آثار علمی عربی

به زبان لاتینی در قرن دوازدهم میلادی آغاز گشت و بنابراین همین منابع شالودهٔ کیمیاگری غرب را پدید آورده‌اند. همین امر در مورد «کتاب آتش یونانی» نیز صادق است و در حال حاضر این فرضیه مورد توجه قرار گرفته که متن یادشده نیز مربوط به اواخر قرن سیزدهم است و بیگمان از مآخذ عربی تأثیر پذیرفته است. چنانکه بعضی از مورخان اشاره کرده‌اند، عامل دیگری که نقش مهم متون عربی را آشکار می‌سازد این است که قدیمی‌ترین مؤلفی که در غرب به توصیف تقطیر الکل می‌پردازد مایکل اسکات است که از قضا او نیز یکی دیگر از مترجمان بزرگ کتابهای عربی به زبان لاتینی بوده است. اسکات در ۱۲۱۷ میلادی، یعنی سه سال پیش از عزیمت به بولونیا، در تولیدو [اسپانیا] به سر می‌برده است.

بررسیهای تازه‌ای که در مورد کارهای شیمیدانهای بزرگ سرزمینهای اسلامی به عمل آمده نشان می‌دهد که بعضی از آنها به وضوح از تقطیر شراب به وسیلهٔ دستگاههای تقطیر ویژه سخن گفته‌اند. چنین است که، برای نمونه، الکندی پس از تشریح دستگاه شکل ۵-۶ در «کتاب شیمی عطرها وتقطیر» می‌گوید: «به همین روش می‌توان شراب را تقطیر کرد و حاصل کار مایعی به رنگ گلاب خواهد بود. افزودن گوگرد به آب انگور تقطیرشده را در یکی از آثار فارابی می‌یابیم (قرن چهارم هجری/ قرن دهم میلادی)، و ابوالقاسم زهراوی (که در حدود ۴۰۴ هجری/ ۱۰۱۳ میلادی فوت کرد و در مغرب زمین او را به نام ابولکاسیس[۱۱۷] می‌شناسند) شرح می‌دهد که سرکه را نیز می‌توان در دستگاهی شبیه به دستگاه گلاب‌گیری تقطیر کرد، و بعد می‌افزاید که شراب انگور را هم می‌توان به همین طریق تقطیر کرد. همچنین، ابن‌بادیس (وفات ۴۵۳ هجری/ ۱۰۶۱ میلادی)، در کتاب عمدة‌الکُتّاب (یاور محرران) شرح می‌دهد که چگونه می‌توان با افزودن برادهٔ نرم‌شدهٔ نقره به شراب تقطیرشده، وسیله‌ای برای نقره‌کاری در کتابت به دست آورد.

جابر بن حیان نیز که به خواص الکل پی برده بود، چنین می‌نویسد: «و آتشی که در دهانهٔ بطری [به سبب] ... شراب جوشیده با نمک شعله‌ور می‌شود، و

117) Abulcasis

چیزهایی از این‌گونه با ویژگیهای جالبی که بی‌فایده به نظر می‌رسند، در این دانشها از اهمیتی بسیار زیاد برخوردارند.» خاصیت مشتعل شدن الکل از زمان جابر به بعد به میزان وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد و دستورالعملهای گوناگونی برای کاربرد این خاصیت در رساله‌های نظامی و شیمیایی دانشمندان اسلامی قرنهای ششم و هفتم هجری (دوازدهم و سیزدهم میلادی) دیده می‌شود. از جملهٔ این دانشمندان می‌توان از حسن محمد الاسکندری و حسن الرامه نام برد. در ضمن، به گفتنش می‌ارزد که در چنین دستنوشته‌هایی بود که ما به نخستین طرحهای نوعی فندک گازی قابل حمل برخوردردیم.

یادآوری این نکته حائز اهمیت است که دستورالعملها و نسخه‌های شیمیایی دنیای اسلامی که اغلب به زبان عربی نوشته می‌شد در قرنهای دوازدهم و سیزدهم میلادی نه فقط به کتابهای منتسب به آدلارد اهل باث، و دو پزشک اهل سالرنو، یعنی مایکل اسکات و مارکوس گراکوس، بلکه به آثار پژوهشگرانی همچون راجر بیکن، آلبرتوس مگنوس، و نویسندگان دیگری که در همان دوره می‌زیستند نیز راه یافته بود. بنابراین داعیه‌هایی که به موجب آنها گویا الکل ابتدا در مغرب زمین کشف شده کاملاً نادرست است. داعیهٔ مذکور مبتنی بر دستورالعملهایی است که در یکی از رساله‌های آدلارد اهل باث دیده می‌شود، ولی این دستورالعمل شباهت بسیار به مطلبی دارد که اندکی پیشتر از جابر بن حیان نقل کردیم و بعدها به صورتهای گوناگون در دیگر کتابهای اسلامی تکرار شد. در حقیقت، هیچکدام از نسخه‌ها و دستورالعملهای کتاب آدلارد اهل باث ـ ماپائه کلاویکولی ـ تفاوتی با آنچه جابر گفته است ندارد، با این اختلاف که در آنها نه اشاره‌ای به دستگاههای تقطیر الکندی، فارابی و زهراوی شده است و نه ذکری از روشهای تبرید سرپوش دستگاه تقطیر به میان می‌آید.

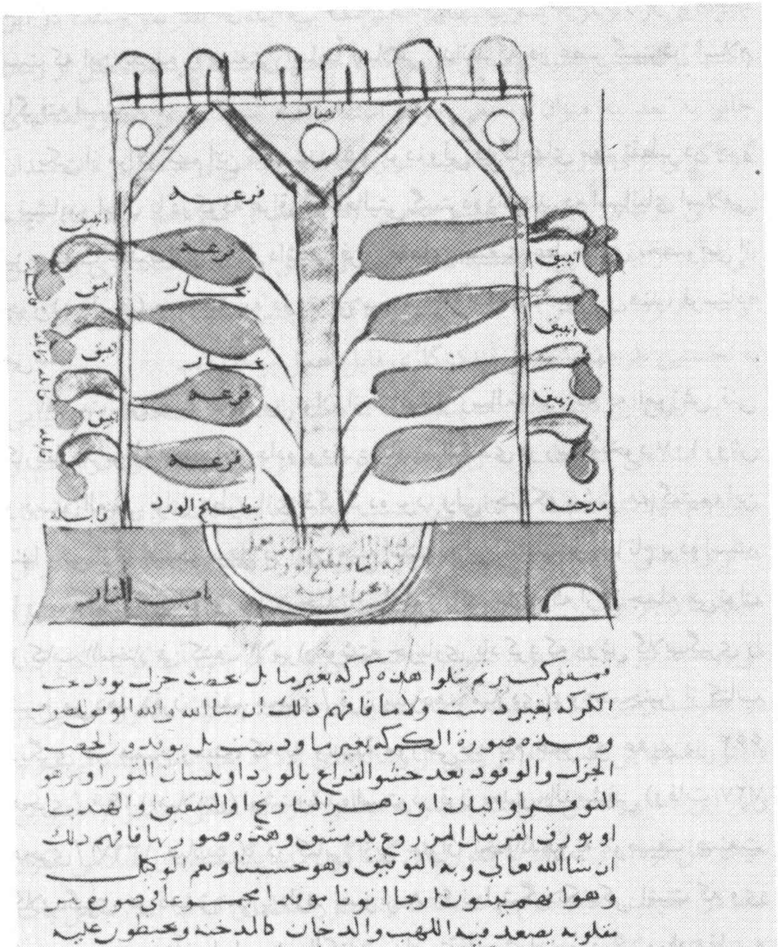
۶-۶ عطرها، گلاب و اِسانسهای روغنی

در سرزمینهای اسلامی، تقطیر گلاب و دیگر عطرها و روغنهای خوشبوی گیاهان و گلها ـ «اسانسهای روغنی» ـ به سرعت رشد یافت و به صورت یک صنعت واقعی درآمد. در تمدنها باستانی، و همچنین در تمدنهای همعصر

اسلام، ما به چنین صنعتی برنمی‌خوریم، و همین امر تاریخنگاران را بر آن داشته است که این پدیده را صنعتی اساساً اسلامی بدانند که در عصر گسترش اسلام پا گرفته است.

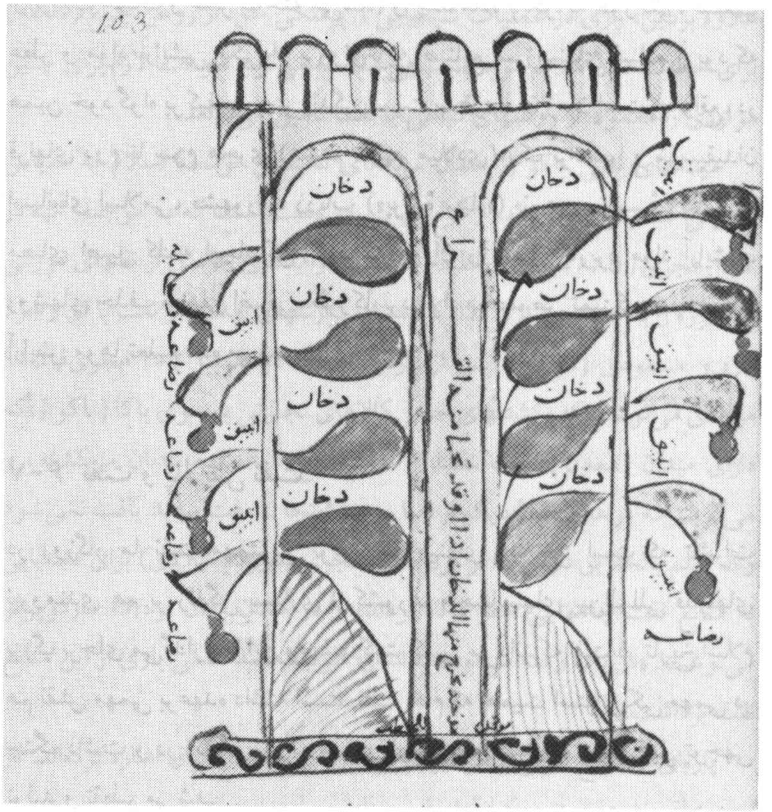
یکی از مراکز مهم این صنعت دمشق بود، ولی کارگاههای مهم تقطیر در جور و نیشابور ایران یا در کوفه عراق نیز فعالیتی گسترده داشتند. در اسپانیای اسلامی نیز صنعت عطرسازی رونق داشت. فراورده‌های صنعت عطرسازی بخصوص از جور (در ایران) و دمشق به دورترین سرزمینها، از جمله چین و هند، فرستاده می‌شد.

اهمیت این صنعت را می‌توان از کتابها و رساله‌هایی که به آموزش فنی کارکنان مربوطه اختصاص داده بودند دریافت. الکندی در رسالهٔ خود ۱۰۷ روش و دستورالعمل برای عطرسازی ذکر کرده بود، ولی چنانکه پیشتر هم گفتیم، این تنها یکی از نُه عنوان عربی در این زمینه است که ابن‌اشبیلی از آنها نام برده است. با وجود این، از کتابهای بعدی چندتایی هنوز باقی مانده که از آن‌جمله می‌توان از کتاب المختار فی کشف الاسرار نوشتهٔ جوباری یاد کرد که روش گلاب‌گیری را شرح می‌دهد (قرن هفتم هجری/ قرن سیزدهم میلادی)، و همچنین از کتاب دیگری در همین زمینه، که به وسیلهٔ مورخی به نام عمر بن عدیم در ۶۶۴ هجری/ ۱۲۶۶ میلادی) نوشته شده است در قرن بعدی، الدمشقی (وفات ۷۲۷ هجری/ ۱۳۲۷ میلادی)، در کتابی زیر عنوان نخبةالدهر به توصیف صنعت گلاب‌گیری در دمشق می‌پردازد. تصویر ۸-۶ نمایشگر تکنیکی است که وی شرح می‌دهد، و آن را با روش الکندی برای تقطیر شراب و دیگر مواد مقایسه می‌کند. چنانکه ملاحظه می‌شود، در تکنیک جدید گام مهمی به پیش برداشته شده است. در جریان توصیف تأسیسات صنعتی، ما اغلب با تصویر کوره‌هایی نسبتاً بزرگ و حجیم مواجه می‌شویم. ابن‌اشبیلی در قرن ششم هجری از کوره‌هایی یاد می‌کند که بین ۱۶ تا ۲۵ قرع و انبیق دوکی‌شکل را به طور همزمان به‌کار گرفتند. در تصویر ۸-۶، یکی از این نوع کوره‌ها را مشاهده می‌کنیم. آتش کوره را به وسیلهٔ دریچه‌هایی که در خود کوره و در قرعها وجود داشت تنظیم می‌کردند. قرعها را به طور دایره‌ای روی شبکه‌هایی بالای دیگ آب که بخار تولید می‌کرد قرار می‌دادند. این حلقه‌های متشکل از قرعها که روی همدیگر قرار



۶-۸ کورهٔ بخار برای تقطیر برگ گل و گلاب‌گیری. تصویر از یک دستنوشتهٔ کتاب نخبة‌الدهر اثر الدمشقی. قرن چهاردهم میلادی، کتابخانهٔ ملی، پاریس.

می‌گرفتند، گاه به ارتفاعی بلندتر از قدّ انسان می‌رسید. لوله‌ها و دهانهٔ خروجی قرعهای دوکی‌شکل در خارج از کورهٔ بخار به انبیق‌ها منتهی می‌شده، بنابراین، وسیلهٔ تبرید بخار به وسیلهٔ هوای آزاد فراهم می‌آمد. محفظه‌های دریافت‌کننده یا «مَکَنده»ها متصل به انبیق‌ها بودند و قطرات مایع تقطیرشده در آنها جمع می‌شد. شکل ۶-۹ نوعی دیگر از دستگاههای تقطیر صنعتی را نشان می‌دهد که در آن به جای کورهٔ بخار از نوعی کورهٔ هوای گرم استفاده می‌کردند.



۶-۹ تقطیر گلاب به روش هوای داغ، از کتاب **نخبه‌الدهر**، اثر الدمشقی. قرن چهاردهم میلادی، کتابخانهٔ ملی، پاریس.

موضوع تقطیر را گاه در کتابهایی سوای آنهایی که به عملیات شیمیایی می‌پرداختند نیز مشاهده می‌کنیم. علت هم آن است که عمل تقطیر در کشاورزی نیز اهمیت می‌یافت. به همین دلیل است که گاه در کتابها و رسالات مربوط به کشاورزی نیز از طرز تهیهٔ گلاب سخن به میان می‌آید. چنین است که در قرن ششم هجری، اشبیلی در کتاب‌الفلاحه خود شرح مبسوطی راجع به تقطیر پیش می‌کشد و در ضمن آن یادآور می‌شود که پزشک و جراح مشهور مسلمان، زهراوی، در دو قرن پیشتر با چه روشی به تقطیر می‌پرداخت.

علاوه بر گلاب و اسانسهای روغنی که از طریق تقطیر به دست می‌آمد، صنعت عطرسازی فراورده‌های دیگری هم تولید می‌کرد که از آن‌جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: مِشک، عنبر، عَبیر، مَحلَب (نوعی اسانس معطر که از گیلاس کوهی گرفته می‌شود)، بان (نوع دیگری از ترب کوهی)، غالیه (عطری که

از ترکیب مشک و عنبر ساخته می‌شد) و چند مادهٔ دیگر. به طور کلی، صنعت عطر و مواد آرایشی یکی از پررونق‌ترین صنایع سرزمینهای اسلامی بود که همین خود گواه بر کیفیت بهتر زندگی نسبت به غرب آن زمان است. به واقع، در قرنهای دوم تا سوم هجری (هشتم تا نهم میلادی) یک ترانه‌سرا و موسیقیدان اسپانیای اسلامی، مشهور به زریاب («پرندهٔ سیاه») «نوعی مؤسسهٔ زیبایی به معنای اصیل کلمه ایجاد کرده بود که در آن روشهای کاربرد مواد آرایشی، روشهای حذف موهای اضافی، طرزکاربرد مواد مخصوص تمیزکردن دندانها، و آرایش موها تعلیم داده می‌شد.»

۷-۶ نفت و پالایش نفت

در روزگار ما نفت مهمترین تولید سرزمینهای اسلامی است که تأثیرات نیرومندی هم بر زندگی بسیاری از کشورها و سیاستهای بین‌المللی قدرتهای بزرگ برجای می‌گذارد. با این وصف، کمتر کسی می‌داند که نفت در تاریخ اسلام هم نقش مهمی برعهده داشته است. نفت خام که اهمیت استراتژیکی مهمی در جنگ داشت و در زندگی روزانه هم به کار گرفته می‌شد، به میزان قابل توجهی تولید و تقطیر می‌شد.

کلمهٔ نفت، که گاه به معنای نفت خام، گاه به معنای حاصل تقطیرهای سبک به‌کار می‌رفت، از نامگذاریهای خاص دانشمندان اسلامی است. آنان به طور معمول نفت خام را «نفت سیاه» و نفت تقطیرشده را «نفت سفید» می‌نامیدند ـ هرچند بعضی از انواع نفت خام نیز به حالت طبیعی سفیدرنگ است. دربارهٔ روشهای تقطیر نفت، توصیفهای دقیقی در نوشته‌های دانشمندان اسلامی دیده می‌شود، که از آن‌جمله می‌توان به کتاب سِرّالاسرار زکریای رازی اشاره کرد که به احتمال زیاد در اواخر قرن دوم هجری (قرن نهم میلادی) به نگارش درآمده است. از این کتاب درمی‌یابیم که نفت را با خاک رس سفید یا نشادر به صورت «نوعی حریرهٔ غلیظ» مخلوط می‌کردند و سپس به تقطیر آن می‌پرداختند. زکریای رازی حاصل این تقطیر سبک را که «نفت سفید» نامیده می‌شد برای نرم کردن بعضی مواد سخت مانند صمغها یا برخی مواد معدنی به کار می‌گرفت.

علاوه بر این، رازی در عملیات شیمیایی و پزشکی خود از روغن چراغ (نفاطّه) برای حرارت دادن ملایم مواد شیمیایی استفاده می‌کرد. سوخت لازم برای چنین مواردی را معمولاً از روغنهای گیاهی یا نفت تأمین می‌کردند.

میدانهای نفتی باکو از همان سده‌های نخستین توسعهٔ اسلام به مقیاس تجارتی گسترش یافته بود، و گزارشهایی در دست است که به موجب آنها در ۲۷۲ هجری/ ۸۸۵ میلادی، خلیفه المعتمد درآمدهای حاصل از نفتهای فورانی آن حوزه را به مردم دربند واگذار کرده بود. گزارشهای چندی از نفت باکو وجود دارد و مسعودی [مورخ] پس از بازدید منطقه در تقریباً ۳۰۲ هجری/ ۹۱۵ میلادی می‌نوشت که «کشتیهای حامل کالاهای تجارتی به سوی باکا [باکو]،که دارای میدان [معدن] نفت سفید و دیگر انواع آن است، بادبان می‌کشند، و می‌گویند که در هیچ نقطهٔ دیگر از دنیا ـ جز اینجا ـ نفت سفید یافت نمی‌شود والله اعلم بالحقایق الامور.» در قرن هفتم هجری (سیزده میلادی) برای دستیابی به منابع نفت چاههایی حفر کرده بودند، و در همان زمان بود که مارکوپولو می‌نوشت: «در یک وهله می‌توان به اندازهٔ ظرفیت صد کشتی باری از این منابع نفت برداشت.»

پاره‌ای از منابع عربی دیگر نیز به تولید نفت خام در عراق اشاره کرده‌اند. در این منطقه نشت نفت در کرانهٔ شرقی دجله، در امتداد جادهٔ موصل، فراوان بود. جهانگردان و مسافران عرب گزارش کرده‌اند که در این ناحیه نفت به مقیاس زیادی تولید و صادر می‌شد. ازجمله داوود الانطاکی نوشته است که «نفت خام سیاهرنگ است و در نخستین تقطیر سفیدرنگ می‌شود، ولی در تقطیر بعدی سیاهرنگ می‌شود». گزارشهای دیگری نیز موجود است که از تولید نفت خام در صحرای سینا (مصر) و خوزستان در ایران اطلاعاتی به دست می‌دهند.

علاوه بر بهره‌برداریهای وسیع جنگی و نظامی (ر.ک. فصل ۴)، نفت را به عنوان دارو یا سوخت نیز به کار می‌بردند. مارکوپولو در مورد نفت باکو می‌نویسد: «این نفت را برای خوراک نمی‌توان به کار برد، ولی برای سوزاندن خوب است و همچنین برای مرهم‌گذاری بر پوست شترهای مبتلا به خارش نیز از آن استفاده می‌کنند. از اطراف و اکناف مردم برای دیدن و بردن نفت به اینجا می‌آیند، چون در هیچیک از ولایتهای این منطقه نفت وجود ندارد.»

خواص نفت سبک تقطیرشده مورد توجه قرار گرفته بود. از آنجا که این نفت سبک «قدرت جذب آتش را داشت و به طور ناگهانی، بدون آتش، و فقط در اثر یک حرکت شدید مشتعل می‌شد»، توصیه‌ها و دستورالعملهای دقیقی برای تقطیر، انبار کردن و استفاده از آن تدوین کرده بودند. بر اساس آنچه پیشتر دربارهٔ تقطیر الکل گفته شد، «عرق» نفت [بنزین؟] را هم که همچون الکل فرّار بود، تهیه می‌کردند. این فراوردهٔ نفتی نیز موارد استعمال متنوعی داشت و ابی‌الخیر الحسنی (قرن دهم هجری/ شانزدهم میلادی) در کتاب خود، نجوم‌الشارقه (ستارگان تابناک) شرح می‌دهد که چگونه باید عرق نفت را با صمغ سندروس مخلوط کرد تا نوعی روغن جلای ضد رطوبت به دست آید. وی عرق نفت را «روغن خالص نفت» می‌نامید و طرز آزمایش آن را هم شرح می‌داد:

> «یک قطره از آن را روی یک برگ کاغذ سفید بچکانید و در آفتاب قرار دهید تا خشک شود. اگر اثری از روغن - مانند آنچه در مورد روغنهای دیگر دیده می‌شود - برجای بماند، روغن نفت شما ناخالصی دارد و خوب نیست و هر کاری با آن انجام دهید تباه می‌شود. اما اگر اثری از لکهٔ روغن نفت روی صفحهٔ کاغذ برجای نماند، روغن نفت شما خالص است و بنابراین می‌توانید آن را در ظرفی شیشه‌ای بریزید و نگاه دارید.»

گذشته از نفت خام و فراورده‌های تقطیری آن، آسفالت نیز فراوان بود. بخصوص در عراق قیر یا قَر و زِفت (یا آسفالت) به فراوانی تولید و صادر می‌شد. البته، نباید ناگفته گذاشت که تمدنهای باستانی این مناطق از دیرباز با چنین فراورده‌هایی آشنایی داشتند و آنها را در موارد مختلف به کار می‌بردند، ولی در زمان توسعهٔ اسلام، تولید و کاربرد مواد نفتی نیز گسترش یافت. موادی چون قیر و زفت در کارهای ساختمانی، به ویژه در حمامها و کشتی‌سازی، به کار گرفته می‌شد و در بسیاری از سلاحهای آتشزا نیز به عنوان یکی از اجزای عمدهٔ ترکیبهای مشتعل‌شونده مورد استفاده قرار می‌گرفت. از سوی دیگر، قیر را نیز برای به دست آوردن مواد سبک‌تر تقطیر می‌کردند. حتی استخراج نفت از ماسه‌های نفتی نیز فرایندی شناخته‌شده بود، چنانکه الدمشقی گزارش می‌داد:

> «در میان جامدات آلی روغنی (نباتیه) سنگهای ماسه‌ای گورستان موسی در شرق اورشلیم نیز از نظر تولید نفت مشهورند، چه اگر [آنها را] خرد کنیم و،

همان طور که برای گلاب‌گیری عمل می‌کنیم، آنها را در قرع بریزیم و تقطیر کنیم، نفت سبک به دست می‌آید. این نوع سنگها را اگر آتش بزنیم همچون چوب می‌سوزند.»

۸-۶ تقطیر و استخراج روغنها و چربیهای صنعتی

یکی دیگر از صنایعی که هم در زمان جنگ و هم در زمان صلح اهمیتی فراوان داشت، استخراج و تقطیر آن دسته از مواد گیاهی و حیوانی بود که از آنها روغن و چربی و موم به دست می‌آوردند. الکندی در اثر جامع خود، کتاب شیمی و تقطیر عطرها، شرح می‌دهد که چگونه باید از دانهٔ پنبه، از خردل و دیگر دانه‌های گیاهی روغن استخراج کرد، و حسن الرامه، نویسندهٔ نظامی (وفات، ۶۹۴ هجری/ ۱۲۹۴ میلادی) نیز در مورد تقطیر قطران (روغن گیاهی)، چوب کاج، صمغ کاج، هستهٔ زردآلو، و دیگر مواد نوشته‌های متعددی ارائه داده است. شکل ۱۰-۶ یکی از دستگاههای تقطیر او را نشان می‌دهد. در رسالهٔ نظامی دیگری از همان دوران نیز فصل مبسوطی دربارهٔ تقطیر مواد مشابه آمده است، و در این هر دو اثر شواهدی به چشم می‌خورد که آشکارا حاکی از پیشرفتهای محسوس در تکنیکها و تجهیزات مورد عمل آنهاست. در این دو اثر، راهنماییهایی برای جداکردن آب از روغن به هنگام تقطیر وجود دارد و دستنوشته‌های گوناگون دیگری نیز در اختیار داریم که سرشار از اطلاعاتند.



۱۰-۶ دستگاه تقطیر روغنها و چربیها، از یک رسالهٔ نظامی به قلم الرامه. قرن‌سیزدهم میلادی، کتابخانهٔ ملی، پاریس.

۹-۶ اسیدها

کشف اسیدهای معدنی یا غیرآلی در تاریخ شیمی و تکنولوژی شیمیایی از اهمیتی خاص برخوردار است. این اسیدها حاصل تقطیر زاجِ سفید، نشادر (کلراید آمونیاک)، شوره (نیترات پتاسیم) و نمک معمولی به نسبتهای مختلف، و همچنین زاج زرد یا نمک جوهر گوگرد است (یادآوری می‌شود که اصطلاح نمک گوگرد را ابتدا در مورد بلورهای سولفات هیدراته به کار می‌بردند، و گاهی هم در مورد سولفات مس معدنی (سولفید آهن). در زمانهای بعدی این اصطلاح

مترادف با اسید سولفوریک شد.)

کیمیاگران مسلمان به شدت کنجکاوی به خرج می‌دادند. با هر مادهٔ جدیدی که روبرو می‌شدند، آن را در معرض طیف گسترده‌ای از واکنشهای گوناگون قرار می‌دادند. آنان که در عمل تقطیر به استادی رسیده بودند، طبعاً از این فرایند به فراوانی استفاده می‌کردند و، بنابراین، تعجب‌آور نیست که به مناسبت همین آزمایشها به کشف اسیدهای معدنی نایل آمده باشند. حیرت بعضی از تاریخنگاران از این دستاورد احتمالاً بدان علت است که رساله‌های بی‌شمار کیمیاگران اسلامی در زمینهٔ تبدیل و استحالهٔ فلزات به یکدیگر و همچنین آزمایشها و تلاشهای گوناگون آنان را برای دستیابی به اکسیر حیات جاودانی دست‌کم گرفته‌اند. با این‌حال، در جریان آزمایشهایی گسترده برای کشف انواع اکسیرها بود که دانشمندان مسلمان به کشف بسیاری از مواد شیمیایی امروزین، از جمله اسیدهای معدنی، نایل آمدند.

در اینجا فرصت آن نیست که به جزئیات این مطلب وارد شویم و موضوع جدل‌آمیز نقش و سهم مسلمانان در پایه‌گذاری علم شیمی جدید را باید هنگامی دنبال کرد که بسیاری از نوشته‌های دانشمندان اسلامی که هنوز ناشناخته مانده منتشر و مورد بررسیهای دقیق قرارگرفته باشد. تأخیر در این مهم، چنانکه جورج سارتن به درستی می‌گفت، به منزلهٔ نقصی جدّی در اطلاعات ما از تاریخ شیمی است. با این وصف، بعضی تفسیرهای اجمالی امکان‌پذیر به نظر می‌رسد.

۱-۹-۶ اسید نیتریک

مورخ علم شیمی، ای. جی. هولمیارد[118] یکی از دستورالعملهای جابر بن حیان برای تهیهٔ اسید نیتریک را از رساله‌ای زیر عنوان صندوق الحکمه که به عربی نوشته شده نقل می‌کند:

«پنج قسمت گرد شورهٔ خالص، سه قسمت نمک گوگرد قبرسی و دو قسمت زاج یمنی تهیه کنید. هریک از آنها را به طور جداگانه چنان بسایید که به شکل غباری نرم درآیند و، سپس، آنها را در یک بطری جای دهید. دهانهٔ بطری را با یک توپی

---

118) E. J. Holmyard

ساخته‌شده از لیف خرما ببندید و یک لیوان دریافت‌دارنده به آن متصل کنید. بعد کل دستگاه را وارونه کنید و قسمت بالایی (یعنی ته بطری حاوی مخلوط) را به ملایمت حرارت دهید. به نسبت گرما، نوعی مادهٔ روغنی‌شکل شبیه به کرهٔ گاو به سوی پایین جریان می‌یابد.

مشابه همین دستورالعمل در ترجمهٔ لاتینی رساله‌ای از جابر، زیر عنوان ذروهٔ کمال[119] دیده می‌شود که به احتمال زیاد ترجمه‌ای است از یکی دیگر از رساله‌های جابر به نام کتاب الاستتمام (کتاب تکمیل [دانش؟]).

۲-۹-۶ تیزاب سلطانی

تیزاب سلطانی مخلوطی بود از اسید نیتریک و اسید کلریدریک، و چنانکه در ترجمهٔ لاتینی رسالهٔ جابر آمده است، با افزودن نمک یا نشادر به شوره و جوهر گوگرد و، سپس، تقطیر مخلوط به دست می‌آمد. چنین ترکیبهایی در آثار دیگر دانشمندان اسلامی نیز دیده می‌شود و این امر نباید موجب شگفتی شود، چه کیمیاگران مسلمان با این‌گونه مواد آشنایی کامل داشتند. به واقع، در یک نوشتهٔ اسلامی به خط سریانی، ولی با اضافاتی که به احتمال زیاد در قرن هفتم هجری (قرن سیزدهم میلادی) بدان وارد کرده‌اند، فهرست پر و پیمانی از مواد و مصالح شیمیایی دیده می‌شود. در یکی از دستورالعملهای این دستنوشته ما حتی نشادر، شوره، و جوهر گوگرد را در کنار هم می‌بینیم. در یک دستنوشتهٔ عربی دیگر، که متأخر بر دستنوشتهٔ قبلی است، مؤلف ضمن شرح دادن طرز ساختن الماس مصنوعی و دیگر جواهرات، از عرق گوگرد، عرق زاج سفید، عرق شوره، و عرق نمک طعام (اسید کلریدریک) به عنوان اجزای مواد ترکیبی گوناگون نام می‌برد. در عرض کلام، بد نیست یادآور شویم که اسید نیتریک به تنهایی قادر است نقره را در خود حل کند و بنابراین برای جدا کردن مقادیر بسیار کم طلا از نقره به کار می‌رفته است. ولی در عمل، برای جدا کردن طلا از نقره از تیزاب سلطانی استفاده می‌کردند.

---

119) Summa Perfectionis

۳-۹-۶ اسید سولفوریک

این اسید بسیار مهم به وسیلهٔ کیمیاگران اسلامی تولید می‌شد و جابر بن حیان ظاهراً نخستین دانشمندی بوده که این کار را آغاز کرده است. تهیهٔ اسید سولفوریک از طریق تقطیر نمک جوهر گوگرد یا زاج یا از طریق سوزاندن سولفور صورت می‌گیرد. زکریای رازی در یکی از دستورالعملهای خود، آن را «آب زاج تقطیرشده» می‌نامد و از آن به عنوان شناساگر در فرایندهای شیمیایی استفاده می‌کرد. وی طرز تهیهٔ این «آب» از تقطیر سولفاتها را نیز شرح می‌دهد. در قرن چهارم هجری (قرن دهم میلادی) حتی مسعودی، که مورخ و جغرافیادان بود و نه شیمی‌دان، به توصیف چند واکنش شیمیایی می‌پردازد، که از آن‌جمله است واکنش آب قلیایی با زاج یا آب نمک گوگرد (اسید سولفوریک). وی همچنین به رنگ قرمز حاصل از واکنش اشاره می‌کند و خطرهای ناشی از «بخارهای تصعیدشده، دودهای حاوی اسید سولفوریک و دیگر بخارهای معدنی متصاعد از واکنش» را شرح می‌دهد.

در دستنوشته‌ای هم که به زبان عربی و به خط سریانی است، و به هنگام بحث از تیزاب سلطانی بدان اشاره کردیم، از طرز تهیهٔ اسید سولفوریک نیز سخن به میان آمده است، بدین مضمون: سه قسمت زاج و سه قسمت سولفور را خوب می‌سایید تا غبار شود و سپس آنها را روی آتش خشک تقطیر می‌کنید تا آب زردرنگی به دست آید.» این نوع دستورالعملها که در بسیاری از رساله‌ها و کتابهای مربوط کیمیاگری اسلامی دیده می‌شود، حاکی از آن است که اسید سولفوریک، همان طور که رازی عمل می‌کرد، برای مقاصد گوناگون ساخته و نگاهداری می‌شد. نویسندهٔ متن سریانی اسید را «آب زاج و سولفور» می‌نامد، و در همین دستنوشته و دیگر آثار به‌جامانده از آن دوران، اسید سولفوریک را رُبّ‌الزاج (عرق زاج) نیز نامیده‌اند.

۴-۹-۶ اسید کلریدریک

این اسید را رُبّ‌الملح (عرق نمک) می‌نامیدند. رازی دستورالعمل زیر را برای آن نوشته است:

«قسمتهای مساوی از نمک شیرین، نمک تلخ، نمک تَبَرزد، نمک هندی، نمک قلیایی، و نمک ادرار. پس از افزودن هموزن آنها از نشادر متبلور، همه را با نم زدن مخلوط کنید و تقطیر نمایید. حاصل تقطیر آب نیرومندی خواهد بود که سنگ را در دم می‌شکافد.»

در نوشته‌های عربی دیگر، دستورالعملهای گوناگونی یافت می‌شود که در آنها نشادر و زاج را باهم تقطیر می‌کنند.

۶-۹-۵ اسیدهای آلی

علاوه بر اسیدهای معدنی بعضی اسیدهای آلی مانند سرکه نیز به مقیاس زیاد تولید می‌شد، و خود سرکه را نیز تقطیر می‌کردند تا اسید استیک [جوهر سرکه] به دست آورند. اسید سیلیسیک (ترکیبی از سیلیسیوم، اکسیژن و هیدروژن) که برای ساختن مواد نامحلول در آب به کار می‌رفت یکی دیگر از فراورده‌های شناخته‌شده بود، و آن را از خیزران می‌گرفتند.

۶-۱۰ قلیایی‌ها

کربنات سدیم و کربنات پتاسیم برای شیشه‌سازی، لعاب‌سازی و صابون‌پزی مورد نیاز فراوان بود. نطرون [کربنات دوسود طبیعی] و خاکستر گیاهان از منابع اصلی قلیاها بودند.

۶-۱۰-۱ نطرون

منظور کربنات سدیم طبیعی است که در صحرای غربی مصر به دست می‌آمد و به میزان زیادی صادر می‌شد. واژهٔ اروپایی» «ناترون» و، بنابراین، نشانهٔ شیمیایی Na برای سدیم در حقیقت از کلمهٔ عربی نطرون مشتقّ شده است.

۶-۱۰-۲ القالی [قلیا]

این ماده را از جوشاندهٔ خاکستر نوعی بوتهٔ کوتاه جنگلی به دست می‌آوردند که در سوریه یافت می‌شد و به نامهای گوناگون اَشنان، اوشنان و شینان معروف

بود. این گیاه از خانوادهٔ کنوپودیاسه[۱۲۰] است و نام آن در گیاه‌شناسی سالسولاسودا[۱۲۱] است و از نظر شیمیایی دارای ۸۰ درصد کربنات پتاسیم و تقریباً ۲۰ درصد کربنات سدیم است.

خاکستر جَنگل، بخصوص جنگل بلوط را نیز برای تهیهٔ قلیا مورد استفاده قرار می‌دادند. رازی طرز تغلیظ و تصفیهٔ القالی و خاکستر بلوط را برای تهیهٔ کربنات پتاسیم و کربنات سدیم خالص به دست داده بود. با وجود این، ابومنصور موفق (قرن چهارم هجری/ قرن دهم میلادی) نخستین کسی بود که تمایز روشنی بین کربنات پتاسیم (پوتاس) و کربنات سدیم (سودا)، که شباهتهای بسیار با یکدیگر دارند، قائل شد.

۳-۱۰-۶ سود سوزآور

سود سوزآور یا هیدروکسید سدیم هرگز به مقیاس تجارتی تهیه نمی‌شد، ولی تذکر این نکته که زکریای رازی به طرز تهیهٔ آن آشنا بود از نظر تاریخی حائز اهمیت است. دستورالعمل او به قرار زیر است:

> «یک مَن القالی سفید، به همان اندازه آهک، و بعد هفت برابر آن آب روی آن ریخته شود [و مخلوط را] بجوشانید تا حجم آن نصف شود. آن را ده بار صاف کنید [با صافی یا از طریق دُردگیری]. بعد آن را در پیاله‌های نازک مخصوص تبخیر ریخته، سپس آنها را در جامات آویزان کنید. آنچه جدا می‌شود [به پیاله] بازگردانید. پیاله را به تدریج بالا ببرید، و هرچه از پیاله‌ها به درون جامات می‌چکد از گرد و غبار محفوظ دارید، و آن را به صورت نمک منعقد سازید.»

۴-۱۰-۶ آهک

آهک (کِلس) بسیار فراوان بود و در صابون‌پزی، در صنعت ساختمان، و در صنایع نظامی (ر.ک. فصل ۴) مصرف داشت. این ماده را با سوزاندن سنگها یا مرمر به دست می‌آوردند. وقتی آن را با آب می‌کُشتند نوره نامیده می‌شد.

---

120) Chenopodiaceae

121) Salsola soda

۶-۱۱ صابون

صابون سفت ابتدا در سرزمینهای اسلامی تولید شد و بعدها به اروپا راه یافت. صابون‌سازی در سرزمینهای اسلامی، به ویژه در سوریه، به صورت صنعت مهمی درآمد. انواع صابونهای رنگی معطر برای شست‌وشو و همچنین صابونهای طبی در آن سرزمینها ساخته و صادر می‌شد و بعضی از شهرهای سوریه مانند نابلس، دمشق، حلب و سارمین به خاطر کیفیت تولیداتشان معروف بودند. روش اساسی صابون‌سازی، استفاده از روغن زیتون و قلیایی بود، ولی گاه نطرون نیز بدان افزوده می‌شد، روشی که داوود انطاکیه‌ای به دست می‌داد، به قرار زیر است:

«یک قسمت القالی، و نصف قسمت آهک تهیه کنید. آنها را خوب بسایید و در یک مخزن قرار دهید. پنج برابر آب بدان بیفزایید و به مدت دو ساعت آن را به هم بزنید. مخزن باید دارای یک سوراخ دارای توپی باشد. وقتی به هم زدن به پایان رسید و مایع صاف شد، سوراخ را باز کنید. وقتی آب مخزن تخلیه شد، از نو سوراخ را با توپی ببندید و دوباره آب بریزید و به هم بزنید. بعد آب را خالی کنید و آنقدر این کار را ادامه دهید تا دیگر هیچ طعمی در آب باقی نماند. وقتی این کار را انجام می‌دهید هر آب را از آب دیگر جدا نگاه دارید.

بعد به اندازهٔ ده برابر آب اول روغن خالص بردارید و روی آتش قرار دهید. وقتی به جوش آمد، آن را کم‌کم با آخرین آب تغذیه کنید. سپس همین کار را با آب ماقبل‌آخر انجام دهید تا سرانجام به آب اول برسید. در این موقع محلول به صورت حریره یا خمیر نرم درآمده است. اینک خمیر نرم را روی پارچه‌هایی بگسترانید تا تقریباً خشک شود. سپس آن را به قطعات کوچک ببرید و روی نوره [آهک کشته] قرار دهید. این محصول نهایی است و احتیاجی نیست که آن را پیش از پختن با آب سرد بشویید یا خنک کنید. روغن را می‌توان با روغنها یا چربیهای دیگری مانند روغن کارتاموس جانشین کرد. بعضیها به اندازهٔ نصف مقدار آهک نمک به مخلوط قلیایی و آهک اضافه می‌کنند. بعضی دیگر، اندکی پیش از آنکه پخت صابون به پایان برسد، کمیَ نشاسته بدان می‌افزایند.»

رساله‌هایی از نوع نوشته‌های شیمیایی زکریای رازی در بعضی از موارد دستورالعملهایی نیز برای تهیهٔ صابون عرضه می‌کنند. درضمن، قابل‌ذکر است‌که

رازی چگونگی تولید گلیسرین از روغن زیتون را هم در آثار خود شرح می‌دهد.

۱۲-۶ شیشه

شیشه‌سازی صنعتی باستانی است که سرآغاز آن در تمدنهای مصر، بین‌النهرین و سوریه بوده است. حتی پیشرفتهایی هم که در زمان امپراتوری روم نصیب این صنعت شد، محدود به بین‌النهرین و سوریه بود و اصول اساسی تکنولوژی آنها در اروپای پیش از عصر جدید نیز چندان تغییری نیافت.

با فرا رسیدن تمدن اسلامی صنعت شیشه‌سازی جانی تازه گرفت. در این تجدید حیات، نه تنها مراکز سنتی شیشه‌سازی بلکه مراکز تازه‌تأسیس‌شده نیز نقشی بسزا داشتند.

شیشه ساخت سامره در قرن سوم هجری (قرن نهم میلادی) از نظر کیفیت بی‌رقیب بود، ولی سامره مرکز منحصر به فرد شیشه‌سازی در عراق نبود. در موصل، نجف و منطقهٔ بغداد نیز صنعت شیشه‌سازی فعالی وجود داشت. در سوریه، شیشه‌های ساخت دمشق در سرتاسر دورهٔ تمدن اسلامی مشهور بود، ولی مراکز دیگری هم در حلب، رَقّه، آرمناز، صور، صیدا، عکّا، حبرون و راصفه فعالیت داشتند. در مصر، بخصوص در اسکندریه و قاهره، نیز صنعت شیشه‌سازی نیرومندی وجود داشت و، در همان زمان کارگاههای شیشه‌سازی کمابیش مهمی نیز در ایران، اسپانیا، مغرب و دیگر سرزمینهای اسلامی به تولید می‌پرداختند. ولی سوریه تا چند قرن، یعنی عملاً تا ظهور صنعت شیشه‌سازی در ونیز (قرن سیزدهم میلادی)، شهرت خود را به عنوان مهمترین مرکز شیشه‌سازی دنیا حفظ کرد.

چند عامل گوناگون در انتقال تکنولوژی شیشه‌سازی از جهان اسلام به اروپا مؤثر بود. مرحلهٔ نخست، به زعم بعضی از پژوهشگران، در قرن پنجم هجری، و به هنگامی شروع شد که استادکاران مصری دو کارگاه شیشه‌سازی با تکنیکهای پیشرفته در کورینت یونان برپا کردند، ولی این کارگاهها پس از فتح کورینت به دست نُرمان‌ها در ۱۱۴۷ میلادی ویران شد و فاتحان کارگران و استادکاران آنها را با خود به غرب بردند تا به نوسازی صنعت شیشه‌سازی اروپای قرون وسطی



۶-۱۱ جام شیشه‌ای سوریایی با تزئینات مطلّا و میناکاری، احتمالاً ساخت حلب. قرن سیزدهم میلادی. موزهٔ ویکتوریا و آلبرت، لندن.

کمک کنند. بعد، در قرن سیزدهم میلادی، حملات و پیروزیهای مغولان موجب شد که گروه عظیمی از کارگران شیشه‌سازی دمشق و حلب به سوی مراکز شیشه‌سازی غرب روی بیاورند. علاوه بر اینها، به نظر می‌رسَد که در طول جنگهای صلیبی و بعد از آن نیز تکنولوژی شیشه‌سازی از سرزمینهای اسلامی به غرب راه یافته باشد.

سرانجام، چنان‌که پیشتر هم گفتیم (فصل ۱)، در ژوئن ۱۲۷۷، عهدنامه‌ای برای انتقال تکنولوژی بین امیر انطاکیه، بوهموند هفتم، و فرمانروای ونیز منعقد

شده بود. به موجب همین عهدنامه بود که رموز صنعت شیشه‌سازی سوریایی به ونیز منتقل شد و دیگر ملزومات کار ـ از جمله مواد اولیه و همچنین مهارتها و خبرگی صنعتکاران سوریایی ـ نیز به طور مستقیم از سوریه وارد می‌شد. اما ونیز، پس از آنکه آموختنیها را فراگرفت، اسرار تکنولوژی شیشه‌سازی پیشرفته را با دقت کامل محفوظ داشت و ساخت شیشه در اروپا را تا زمانی که فرانسه در قرن هفدهم تکنیکهای شیشه‌سازی را مهار کرد، عملاً به انحصار خود درآورد.

۱-۱۲-۶ مواد اولیهٔ شیشه‌سازی

در سرزمینهای اسلامی شیشه را از طریق گدازش مشترک دو مادهٔ اصلی، یعنی خاکستر چوب (قلیا) و ماسه یا سنگ چخماق (سیلیسیوم) می‌ساختند. آهک همراه با ماسه و به شکل خرده‌های صدف دریایی به دست می‌آمد و، بنابراین، مخلوطی بود از کربنات سدیم و آهک و سیلیس، و تجزیهٔ نوعی آن به احتمال زیاد ۶۵ درصد اکسید سیلیسیوم، ۱۵ درصد اکسید سدیم و ۹ درصد اکسید کلسیم، به اضافهٔ اکسیدهای دیگر مانند اکسید منیزیوم به دست می‌داد. قلیا یکی از محصولات عمدهٔ سوریه بود که به مقیاس زیاد تولید و صادر می‌شد. در اوایل قرن شانزدهم، نویسندهٔ ایتالیایی، وانوچو برینگوچو[۱۲۲] که دربارهٔ تکنولوژی قلمفرسایی می‌کرد، در اثری زیر عنوان فنون آتش[۱۲۳] تذکر می‌داد که برای ساختن شیشه «از خاکستر علف شوره، که از سوریه می‌آید» استفاده می‌کنند. به طور معمول، قلیا را بر اساس دستورالعمل رازی، با غلظت زیاد (مِلح القالی) و گاه نیز به شکل کمتر غلیظ آن به کار می‌بردند.

علاوه بر مواد اولیهٔ اصلی، در ساختن شیشه از دی‌اکسید منگنز نیز استفاده می‌کردند تا شیشه کاملاً «بی‌رنگ و شفاف و روشن» باشد. این امر امکان‌پذیر بود، چون با آنکه اکسید آهن موجود در ماسه‌ها موجب ته‌رنگ سبز یا قهوه‌ای شیشه‌ها می‌شد، دی‌اکسید منگنز با اکسید کردن آهن موجب می‌شد که ته‌رنگ زردِ باقی‌مانده به وسیلهٔ رنگ کم و بیش ارغوانی خودش (یعنی دی‌اکسید منگنز) خنثی شود. در زمانهای باستان این کیفیت را نمی‌شناختند، ولی جابر بن

---

122) Vannoccio Biringuccio   123) Pirotechnia

حیان بدان پی برده بود و در نوشته‌های علمی و فنی دانشمندان مسلمان نیز به کرات از آن یاد می‌کردند. بنابراین، «مگنزیا»[124] در جوار ماسه و قلیا به صورت سومین مادهٔ اصلی برای ساختن شیشه درآمد. در مواقعی که شیشهٔ رنگی لازم بود، با افزودن مقادیر کمی از اکسیدهای فلزی به رنگ مطلوب دست می‌یافتند، و در یکی از نوشته‌های عربی دربارهٔ کیمیاگری به دستورالعملهایی برمی‌خوریم که برای تهیهٔ شیشه‌هایی به رنگهای سیاه، آبی، کبود، قرمز آجری، زرد و مغز پسته‌ای تدوین شده است.

۶-۱۲-۲ کوره‌ها و افزارها

کوره‌های شیشه‌گری معمولاً به مقیاس تولید تجارتی ساخته می‌شد و دارای چند کارگر متخصص بود. کارگاههایی با این ابعاد قادر بودند انواع فراورده‌های شیشه‌ای را که در نوشته‌های عربی از آنها یاد می‌شود بسازند. کورهٔ شیشه‌گری دارای شش اتاقک بود که سه تای آنها به صورت یک ساختمان سه‌طبقه با سقف گنبدی‌شکل روی یکدیگر قرار داشتند و بخش عمدهٔ کارخانه را تشکیل می‌دادند. اتاقک زیرین جایگاه آتش بود، اتاقک میانی بوته‌هایی را در خود جای می‌داد که شیشه در آنها گداخته و ذوب می‌شود، و بالاترین اتاقک مخصوص تابکاری فراورده‌های شیشه‌ای پس از شکل گرفتن آنها بود. این توصیف با بقایای یک کورهٔ شیشه‌گری در کورینت (یونان) و همچنین با کوره‌هایی که بیرینگوچو وصف کرده است همخوانی دارد.

تصویر ۱۲-۶ ، که از یک رسالهٔ عربی متعلق به قرن دهم هجری (شانزده میلادی) برگرفته‌ایم، نمایشگر کوره‌ای است که برای ساختن یاقوتهای مصنوعیِ عین‌الهِر (چشم‌گربه‌ای) به کار می‌رفته است. شکل ۱۲-۶ کورهٔ شیشه‌گری کوچکی را نشان می‌دهد (در ارمناز، نزدیک حلب) که هنوز هم پابرجا و فعال است. و اما، راجع به افزارهای شیشه‌گری، باید گفت که این آلات و ادوات در طول قرنهای متمادی چندان تغییری نکرده‌اند، و در تصویرهای ۱۴-۶ (الف) و (ب) افزارهای را می‌بینید که هنوزهم در ارمناز به کار می‌روند. این افزارها

---

124) *magnesia*



۶-۱۲ کورهٔ شیشه‌گری برای ساختن یاقوتهای مصنوعی. از یک رسالهٔ قرن شانزدهم میلادی (قرن دهم هجری). کتابخانهٔ تحقیقات، گوتا.

همانهایی هستند که در اروپای قرن نوزدهم، و در سرزمینهای اروپایی و اسلامی قرون وسطی کاربرد داشتند.

افزارهای عمدهٔ شیشه‌گری عبارت بوده‌اند از نیچه (لولهٔ آهنی مخصوص دمیدن) و یک میلهٔ آهنی به نام بولین که آن را پس از داغ شدن به ته شئ شیشه‌ای

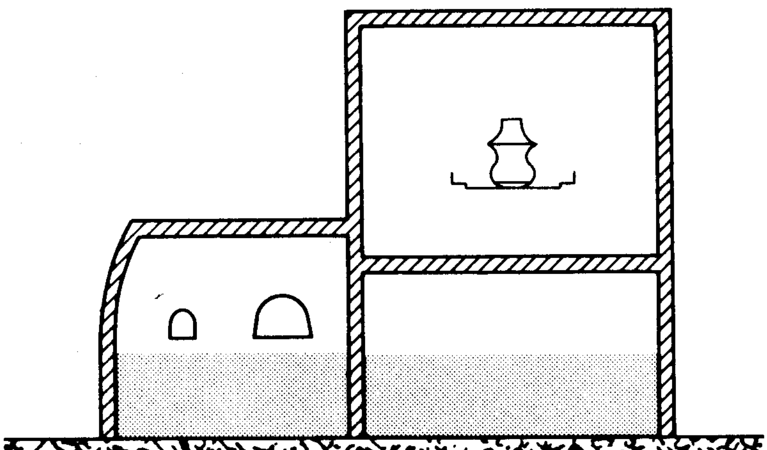
نیمه‌ساخته‌شده می‌چسبانند تا به وسیلهٔ آن بتوانند دستکاریهای لازم را در شئ در حال ساخته شدن انجام دهند. افزارهای دیگر عبارتند از قیچی‌ها، انبرها، خم‌کن‌ها و مانند اینها.

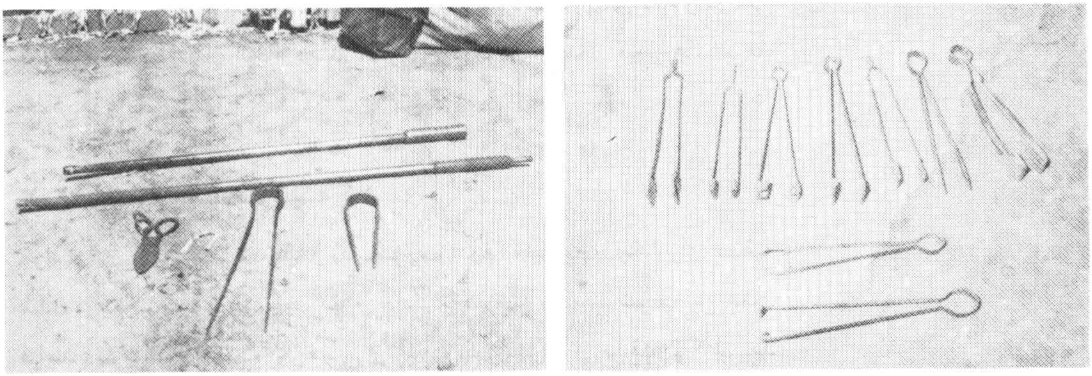
۳-۱۲-۶ فرایند ساخت شیشه

مواد اولیه ـ یعنی ماسه، قلیا و (در صورت لزوم) منیزیوم را ابتدا برای تصفیه شدن در دیگ مخصوصی حرارت می‌دادند تا گداخته و ذوب شوند. این همان فرایند «سرخ کردن» است که بعضی از عناصر گازی‌شکل را حذف می‌کند. بعد مواد «سرخ‌شده» را خرد می‌کنند و مقداری شیشه‌خرده به آن می‌افزایند و مخلوط را در بوته‌های ویژه به شدت حرارت می‌دهند (در اتاقک میانی کورهٔ سه‌طبقه). در آنجا، مخلوط ذوب می‌شود و به صورت شیشه درمی‌آید. سپس، شیشه‌گر به وسیلهٔ نیچه، از راه سوراخهایی که در دیواره‌های کوره وجود دارد، پاره‌ای از شیشهٔ چسب‌مانند را از بوته برمی‌دارد و از کوره خارج می‌کند تا به وسیلهٔ قالب یا از طریق دمیدن با دهان خود آن را به شکل مورد نظر درآورد.

دمیدن آخرین تکنیک انقلابی بود که در زمینهٔ شیشه‌گری اختراع شد. این روش که در قرن اول میلادی ابداع شد، عملاً در طول نه قرن بعدی بدون تغییر عمده‌ای ادامه یافت، و هنوزهم، چه در کارگاههای شیشه‌گری سنتی و چه در

۱۳-۶ مقطع جانبی یک کورهٔ کوچک شیشه‌گری در ارمناز، نزدیک حلب.





۶-۱۴ افزارهای شیشه‌گری در ارمناز، نزدیک حلب.

کارخانه‌های شیشه‌سازی مدرن، کارساز است. تنها تحول جدید در این زمینه، پدید آمدن ماشین‌آلات جدیدی برای تولید انبوه است.

۶-۱۲-۴ تکنیکهای تزئیناتی

اشیای شیشه‌ای تزئینی را یا در جریان ساخت آنها، به عمل می‌آوردند (شیشهٔ موزائیکی و نقش و نگارهای قالبی) یا اینکه تزئینات را پس از شکل گرفتن اشیاء شیشه‌ای، ولی هنگامی که هنوز گرم بودند، به وجود می‌آوردند (مثلاً نوک‌تیز کردن، قیطان‌کاری، قطره چکاندن، دندانه زدن، رگه رگه کردن، پستانکی کردن و مانند اینها). عملیات تزئینی را پس از سرد شدن شئ مورد نظر نیز انجام می‌دادند (از طریق، برش دادن، میناکاری، مطلاکاری و جز اینها). هریک از این فنون را به اختصار در زیر شرح خواهیم داد.

شیشه موزائیکی

شیشه به صورت موزائیکهایی با الگوها و رنگهای متفاوت در زمانهای باستانی ساخته می‌شد، ولی تولید این نوع شیشهٔ تزئینی قطع شد. پس از ظهور اسلام این هنر از نو زنده شد، ولی این روش در عمل بسیار گران تمام می‌شد و تنها افراد ثروتمند از عهدهٔ پرداخت بهای آن برمی‌آمدند.

نقش و نگارهای قالبی

تولید اشیای زینتی با این روش از طریق دمیدن در قالبهای مخصوصی صورت می‌گرفت (شکل ۱۵-۶). با این‌حال، روش کار در ایران و سامره متفاوت بود.



۶-۱۵ بطری شیشه‌ای که با دمیدن در یک قالب دوتکه ساخته می‌شد. ایران قرن دهم یا یازدهم میلادی/ قرن چهارم یا پنجم هجری. موزهٔ ویکتوریا و آلبرت، لندن.

در یکی از این روشها ابتدا در یک قالب نقش و نگاردار می‌دمیدند و بعد در یک قالب معمولی. این عمل موجب می‌شد که نقش و نگار (که معمولاً به صورت

طرحهای کبریتی بود) هم در داخل و هم در خارج از ظرف برجسته به نظر می‌آمد. این روش کار را «دَمش نوری» می‌نامیدند.

قیطان‌کاری و قطره چکاندن

این نوع تزئینات در نخستین اشیای شیشه‌ای اسلامی فراوان دیده می‌شد (شکل ۱۶-۶). قیطان‌کاری با دشواریهای زیادی همراه بود، چون ایجاد نقش و نگارهای برجسته با نوارهای شیشه‌ای قیطان‌مانند و چسبناک، آن‌هم در موقعی که شئ هنوز در انتهای نیچهٔ دَمِش در حال چرخیدن بود، به آسانی میسر نمی‌شد. ایجاد گلوله‌های برجسته با چکاندن «قطره»های شیشه‌ای روی شئ مورد تزیین آسان‌تر از قیطان‌کاری بود. این کار را با چکاندن قطره‌هایی از شیشهٔ تقریباً مذاب روی سطح ظرف مورد نظر و، سپس، «جوش دادن» آن به دیوارهٔ ظرف انجام می‌دادند.

دندانه‌زنی، رگه‌زنی، پستانک

این تزئینات را هنگامی که شئ شیشه‌ای هنوز گرم بود، شیشه‌گر به وسیلهٔ افزارهایی مانند انبرها و قلمها و غیره انجام می‌داد.



۱۶-۶ ظرف شیشه‌ای دَمِشی با تزئینات قیطانی و چکّه‌ای. احتمالاً از سوریه. قرن ششم تا هشتم میلادی/ قرن اول تا دوم هجری. موزهٔ هنرهای تولیدو، اوهایو.

شیشه‌تراشی

تراش دادن شیشه و بلور به صورت یکی از مهمترین روشهای تزئین اشیاء درآمد (تصویرهای ۱-۶ و ۱۷-۶). در طول قرن سوم هجری و قرنهای بعد از آن (نهم میلادی به بعد) نوعی تجدیدحیات شیشه‌های ظریف و بلورمانند در بعضی از سرزمینهای اسلامی به وقوع پیوست. کنده‌کاریهای برجسته یا فرورفته و توخالی به وسیلهٔ چرخ سنباده به عمل می‌آمد، و حکاکی روی شیشه به وسیلهٔ الماس، سنگ چخماق یا افزارهای مشابه صورت می‌گرفت. تکنولوژی تراش



۱۷-۶ بطری تراش‌خوردهٔ ایرانی. قرن نهم تا دهم میلادی/ قرن سوم تا چهارم هجری. موزهٔ ویکتوریا و آلبرت، لندن.

شیشه زودتر از اواخر قرون وسطی به غرب راه نیافت. لیوانها و بطریهای حکاکی‌شدهٔ سامره از نظر ضخامت همانند بلورهای طبیعی و، از نظر رنگهای تیره‌شان شبیه به سنگهای قیمتی بودند. تقلید سنگهای قیمتی یکی از شگردهای معمول در هنر اسلامی بود و بعدها در غرب نیز این نوع تقلیدها به عنوان هنرنماییهای باظرافت و زیبایی استثنایی مورد استقبال فراوان قرار گرفت.

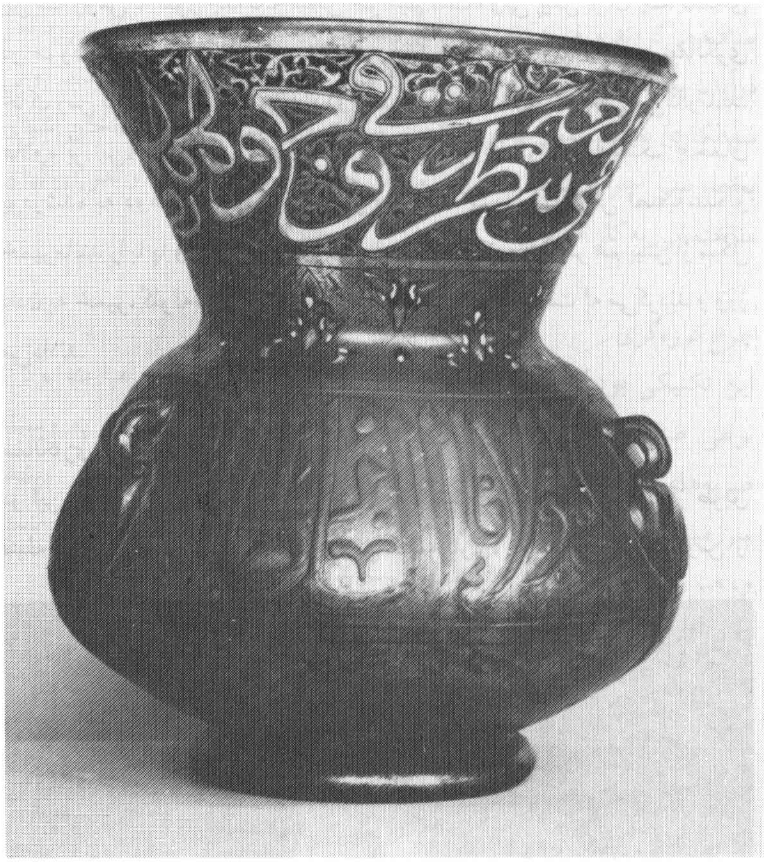
درخشش و لعابکاری

یکی دیگر از دستاوردهای هنر شیشه‌گری اسلامی لعابکاری و ایجاد درخشش بود. این فنون نیز نظیر هنر تراش دادن شیشه در طول قرون وسطی در سرزمینهای اسلامی به اوج کمال رسید. شیشه‌های براق و درخشنده که به تقلید از لعابکاری اشیاء سفالی ساخته می‌شد، طی قرنهای دوم تا چهارم هجری در مصر، سوریه و دیگر سرزمینهای اسلامی رواج یافت.

ولی مهمترین پیشرفت در تزئینات ظروف شیشه‌ای، رونق گرفتن هنر لعابکاری شیشه‌های رنگی و غیررنگی بود که بیشتر برای تزئین ظروف مخصوص نوشیدنها، چراغهای مساجد، و دیگر اشیاء به کار می‌رفت (شکل ۱۸-۶). این‌گونه لعابکاریها به طور عمده ـ اگر نه به طور کلی ـ طی قرنهای ششم تا هشتم هجری در شیشه‌گریهای رَقّه، دمشق، و دیگر شهرهای سوریه انجام می‌گرفت. لعابکاری تزئینی در سرزمینهای اسلامی با لعاب واقعی که به صورت گرد درجا شکل می‌گرفت و پخته می‌شد انجام می‌گرفت. نه، مثل شیشه‌های رومی، با نقاشی روی لعاب. به همین دلیل ظروف لعابی ساخته‌شده در سرزمینهای اسلامی به سبب جلا و درخشندگیشان ـ نسبت به حالت کِدِر شیشه‌های رومی ـ شهرتی عالمگیر داشتند.

۶-۱۳ سفالگری

نوآوری در صنعت سفالگری در تمدن اسلامی به سطحی بسیار بالا رسید. ولی شگفت‌انگیز است که صنعت سفالگری و سرامیک‌سازی که از افتخارات بی‌چون و چرای هنر و تکنولوژی اسلامی است، فقط از جانب مورخان هنر مورد توجه



۱۸-۶ روغن‌دان شیشه‌ای لعابکاری‌شده و مطلا، برای چراغهای مسجد. سوریه، قرن چهاردهم میلادی/ قرن هشتم هجری، موزهٔ ویکتوریا و آلبرت، لندن.

قرار گرفته و اهمیت آن از نظر علم و تکنولوژی هنوز چنانکه باید و شاید شناخته نشده است.

سفالگری یکی از کهنسال‌ترین هنرها و پیشه‌های جوامع بشری است که در تمدنهای باستانی مصر و بین‌النهرین و خاور نزدیک به درجات والایی از ظرافت و دقت و کمال رسیده بود. همین مناطق، و از جمله ایران‌زمین، زادگاه هنر سفالگری اسلامی نیز بود.

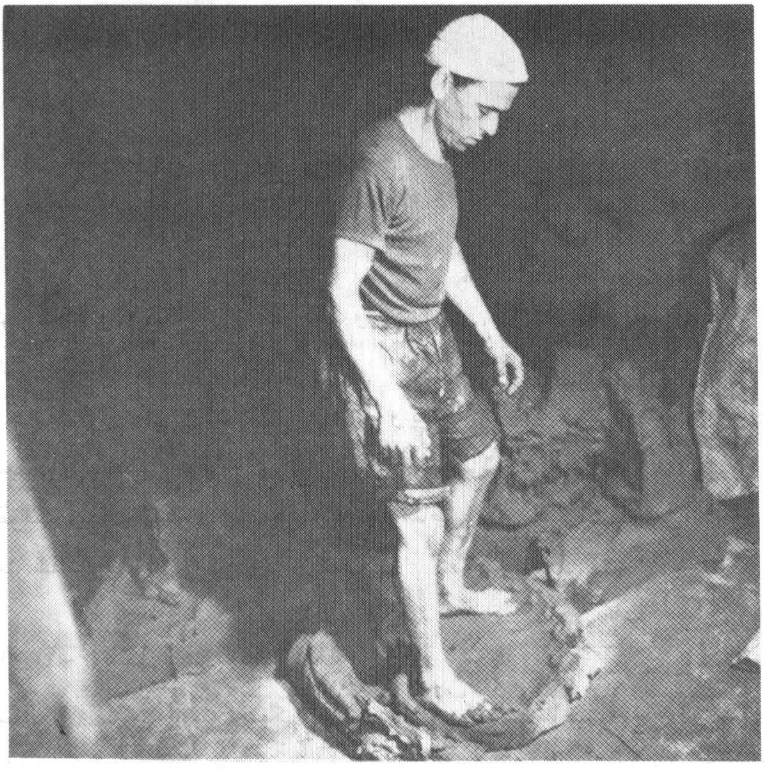
۶-۱۳-۱ شکل دادن به سفالینه‌ها

سفالگران اسلامی از سه تکنیک عمده استفاده می‌کردند: ساخت دستی، استفاده از چرخ کوزه‌گری، و ریخته‌گری یا شکل دادن گل رس در قالب. دربارهٔ هریک از

این سه روش به طور جداگانه سخن خواهیم گفت، ولی پیش از آن چند کلمه‌ای در مورد مادهٔ اولیهٔ کار، لازم به نظر می‌رسد. مادهٔ اولیهٔ اصلی سفالگری خاک رس بود که آن را به صورت دوغاب درمی‌آوردند و از صافی می‌گذراندند. علاوه بر این، ترکیب آن را برحسب مورد با افزودن کوارتز یا سنگ چخماق پودرشده به دوغاب خاک رس تغییر می‌دادند. سپس، گل رس تصفیه‌شده و خمیرمانند را با پا ورز می‌دادند (شکل ۱۹-۶) و یک بار دیگر هم پیش از شکل دادن به خمیر، گلوله‌ها و قطعات کوچک سفت آن را با دست لِه می‌کردند و ورز می‌دادند.

سفالکاری دستی

در این روش، ظرفهای مورد نظر را یا به وسیلهٔ توده‌ای گل رس یا از طریق فتیله‌کاری درست می‌کردند. در روش فتیله‌کاری، حلقه‌هایی از گل رس را



۱۹-۶ ورز دادن گل رس با پا، در یک کارگاه سفالگری در فاس، مراکش.

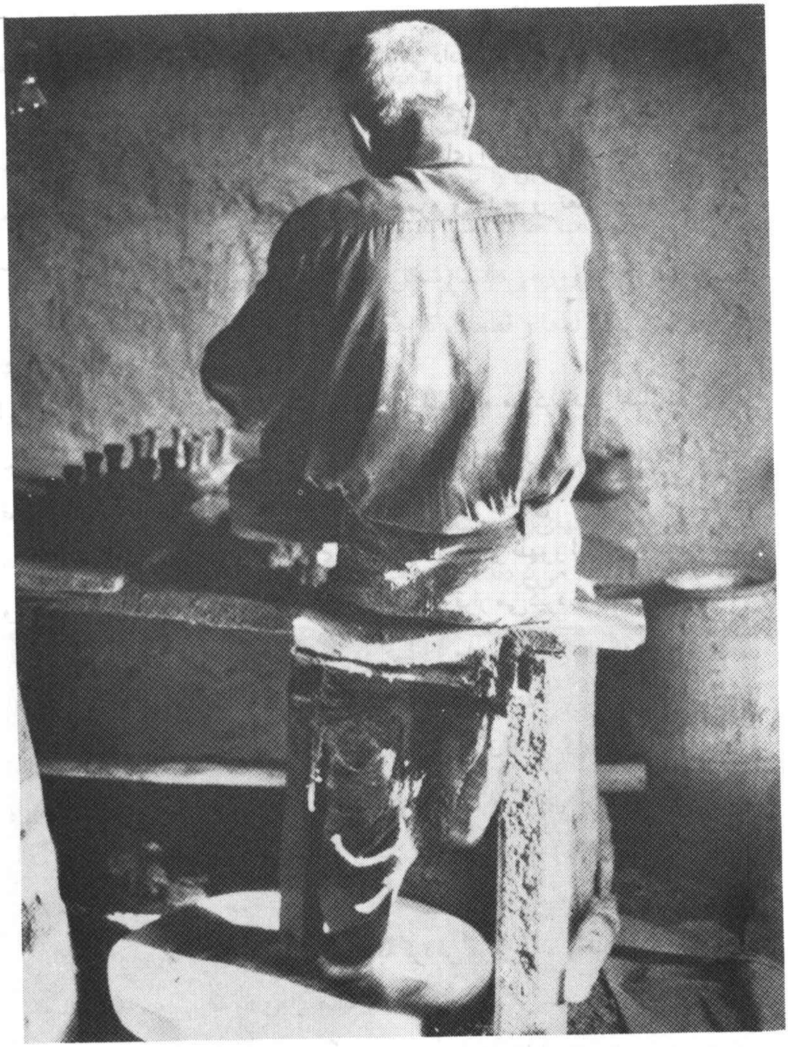
روی‌هم قرار می‌دادند تا به شکل یک استوانه درآید. بعد دیواره‌های استوانه را صاف می‌کردند و فتیله‌کاری را آنقدر ادامه می‌دادند تا ظرف به شکل مورد نظر درآید. بعدها، روش فتیله‌کاری را با روش چرخکاری ترکیب کردند. ولی سفالکاری دستی هنوزهم در بعضی از سرزمینهای اسلامی برای ساختن اشیای بخصوصی چون ظرفهای بزرگ مانند خمره و قدح و تغار و موزاییکهای ساختمانی به‌کار می‌بردند.

چرخ کوزه‌گری

این تکنیکی بود که بیشتر سفالکاران از آن استفاده می‌کردند و عبارت بود از نوعی صفحهٔ مدور سنگین که به جای رکاب به کار می‌رفت و به وسیلهٔ ضربه‌های لگدمانند پا به چرخش درمی‌آمد (شکل ۲۰-۶). در بیشتر سرزمینهای اسلامی چرخ کوزه‌گری از مدتها پیش از ظهور اسلام وجود داشت و، هنوزهم وجود دارد و مورد استفاده حرفه‌ای قرار می‌گیرد.

چرخ رکابی به طور کلی مرکب از دو صفحهٔ مدور چوبی بود که تودهٔ گل رس را روی صفحهٔ بالایی قرار می‌دادند. این صفحه تقریباً ۳۰ سانتی‌متر قطر داشت و در ارتفاع ۱۰ سانتیمتری از میز کار سفالگری قرار می‌گرفت. صفحهٔ مدور پایینی در واقع همان چرخ رکاب بود که ۷۰ تا ۸۰ سانتی‌متر قطر داشت و در حدود ۳۰ سانتی‌متر بالای سطح زمین قرار می‌گرفت. رابط بین دو صفحهٔ یادشده، نوعی محور عمودی چوبی یا فلزی بود که در زیر چرخ رکاب ادامه می‌یافت و روی پایه‌ای در سطح زمین به‌گردش درمی‌آمد. بعدها، یک بالبرینگ در جایی که محور عمودی از صفحهٔ میز کار می‌گذشت، درست زیر صفحهٔ مدور فوقانی، تعبیه کردند. کوزه‌گر در برابر صفحهٔ مدور بالایی یا «چرخ کار» می‌نشست.

برای چرخکاری، توده‌ای از گل رس ورز داده‌شده را در مرکزِ صفحهٔ چرخان بالایی قرار می‌دادند و سوراخی در آن به وجود می‌آوردند. بعد، کوزه‌گر در همان حال که با ضربه‌های پای خود صفحهٔ زیرین را به چرخش درمی‌آورد، با مهارت و تردستی دستهای خود تودهٔ گِل چرخان را به تدریج به صورت شئ مورد نظر درمی‌آورد. وی، به‌کمک انگشتان و دستهای خود ابتدا بدنهٔ کوزه یا بطری و بعد



۲۰-۶ یک کوزه‌گر در حال کار با چرخ رکاب، بورسه، ترکیه.

گردن و دهانهٔ آن را شکل می‌داد (شکل ۲۱-۶). بلافاصله پس از شکل گرفتن ظرف، سطح خارجی آن راکه هنوز نرم بود، به وسیلهٔ ابزارهای دندانه‌داری شیار می‌زدند.

پس از شکل دادن به ظرف مورد نظر، آن را به وسیلهٔ کاردک یا ریسمان نازک و بُرنده از چرخ فوقانی جدا می‌کردند و به گرمخانه می‌بردند تا در آنجا تا حد سختی چرم خود را بگیرد. بعد، ظرف را از نو روی صفحهٔ چرخان قرار می‌دادند

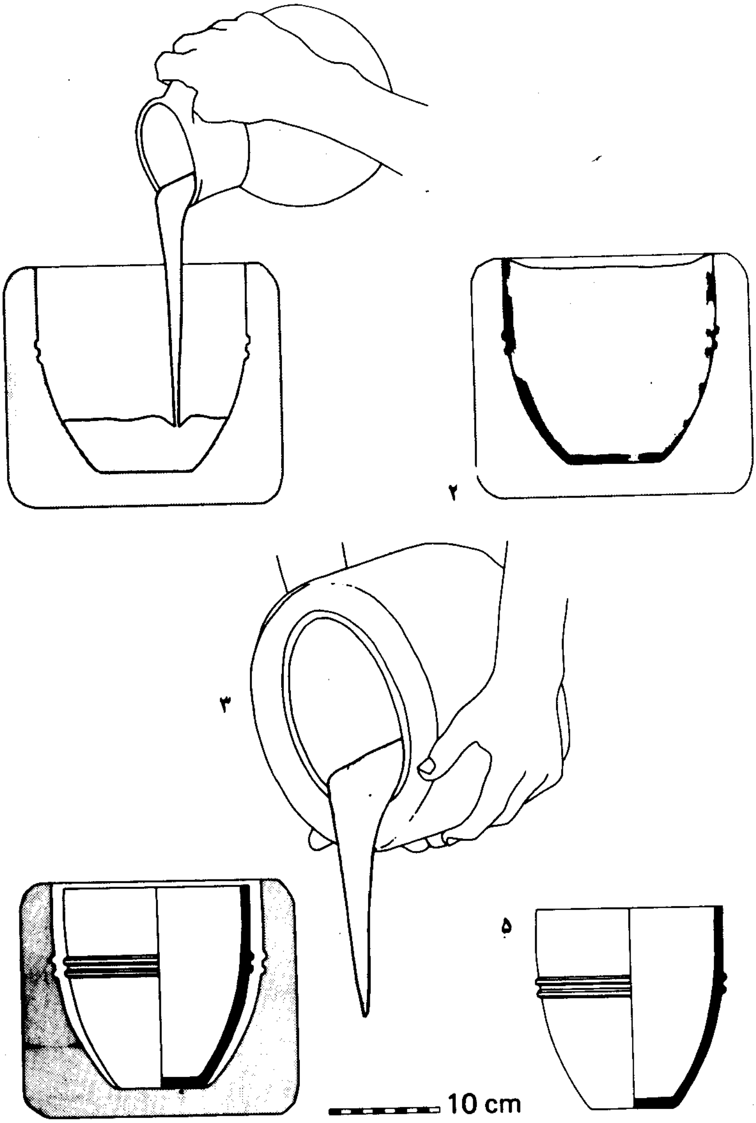


۲۱-۶ یک سفالکار در حال چرخ کردن یک بطری روی صفحهٔ چرخان. بورسه، ترکیه.

تا به وسیلهٔ بالشتکهای مخصوص و ابزارهای دیگر ناهمواریها و برجستگیهای اضافی را حذف کنند و شئ را به شکل نهایی خود درآورند. سپس، فرورفتگیها و نشانه‌های مربوط به چرخش را از بین می‌بردند و دسته‌های ظرف را که با نوارها یا میله‌های سفالی ساخته شده بود به آن می‌چسباندند.

قالب‌گیری

این تکنیک را با روشهای گوناگونی اجرا می‌کردند. روش ریخته‌گری نسبتاً تازه‌تر بود و بدین منظور قالب متخلخلی را با دوغاب خاک رس پر می‌کردند و پس از مدتی، دوغاب اضافی را از قالب بیرون می‌ریختند (شکل ۲۲-۶). به سبب متخلخل بودن دیواره‌های قالب، آب دوغاب به تدریج از طریق خلل و فرج قالب به خارج می‌تراوید. در تماس با دیواره‌های قالب، دوغابِ رفته رفته سفت و سخت می‌شد و هنگامی که بقیهٔ دوغاب را از قالب بیرون می‌ریختند، لایهٔ سخت‌شده گل رس خشک و کوچک می‌شد و در نهایت امر از دیوارهٔ قالب بکلی فاصله می‌گرفت. سرانجام، ظرفی را که بدین ترتیب شکل گرفته بود از قالب بیرون می‌آوردند و برای مصارف مورد نظر به کار می‌بردند.



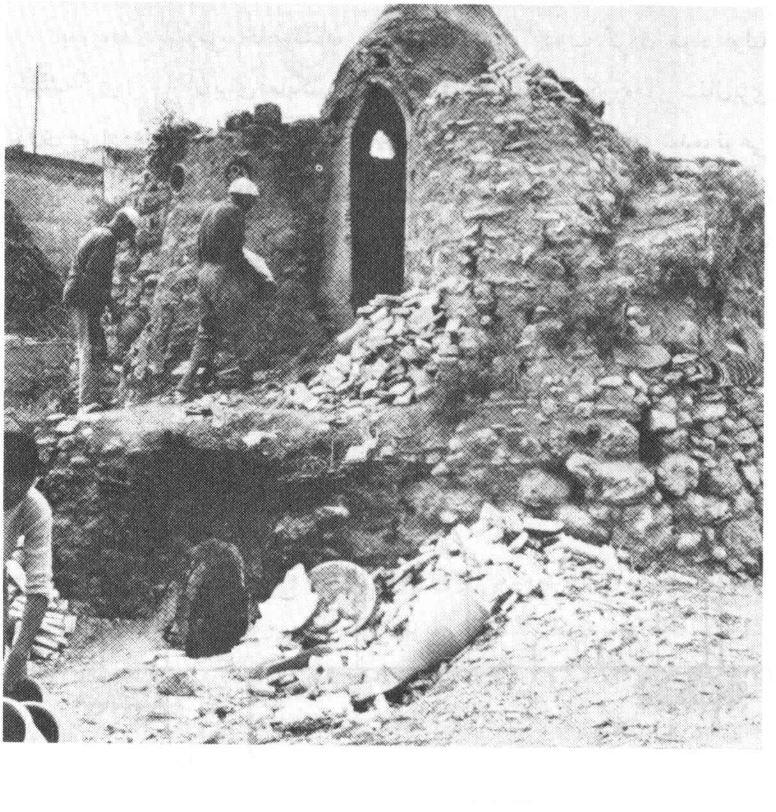
۲۲-۶ روش ریخته‌گری با استفاده از دوغاب خاک رس برای پر کردن قالب سفالینه‌های مورد نظر. (۱) قالب را با دوغاب خاک رس پر می‌کنند. (۲) دیواره‌های متخلخل قالب آب دوغاب مجاور خود را جذب می‌کنند و بنابراین لایهٔ خارجی دوغاب سفت می‌شود. (۳) دوغاب اصلی را تخلیه می‌کنند. (۴) گل رس سفت‌شده خشک و کوچک می‌شود. (۵) ظرف را از داخل قالب بیرون می‌آورند.

روش دیگر قالب‌گیری عبارت بود از خمیر کردن خاک رس ـ در حدّ خمیر کوزه‌گری با چرخ ـ و، سپس، فشردن دستی این خمیر در قالب. چنانچه قالب تزئیناتی دربر داشت، تزئینات آن عیناً به سطح برونی ظرف قالب‌ریزی‌شده منتقل می‌گشت. در کشورهای اسلامی هنوزهم از این تکنیک برای کاشی‌سازی و آجرسازی استفاده می‌کنند.

۲-۱۳-۶ کوره‌های سفال‌پزی

کوره‌های سفال‌پزی در سرزمینهای اسلامی حاصل تحولاتی طولانی بود که از زمانهای باستان در مصر، بین‌النهرین و ایران به تحقق پیوسته بود. با این وصف، اگر کوره‌های سفال‌پزی کنونی و کوره‌های تمدنهای باستانی را باهم مقایسه کنیم متوجه خواهیم شد که اساس کار یکی است.

کورهٔ عمودی ساده که هنوزهم در ایران، سوریه یا انگلستان امروزی به کار گرفته می‌شود، چندان تفاوتی با کوره‌های بین‌النهرین که در هزارهٔ چهارم قبل از میلاد مسیح ساخته شده بود ندارد. این نوع کوره به طور کلی در سرتاسر جهان رواج داشت (تصویر ۲۳-۶). طرح کلی این کوره‌ها مشتمل بر نوعی تنور بود که به وسیلهٔ سوراخی از زیر به کورهٔ آتش راه داشت. خود کوره عبارت بود از

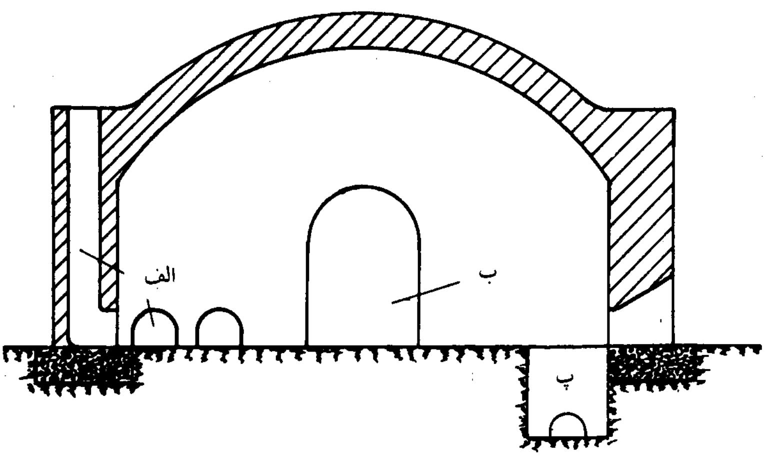


۲۳-۶ کورهٔ سفال‌پزی در فاس، مراکش.

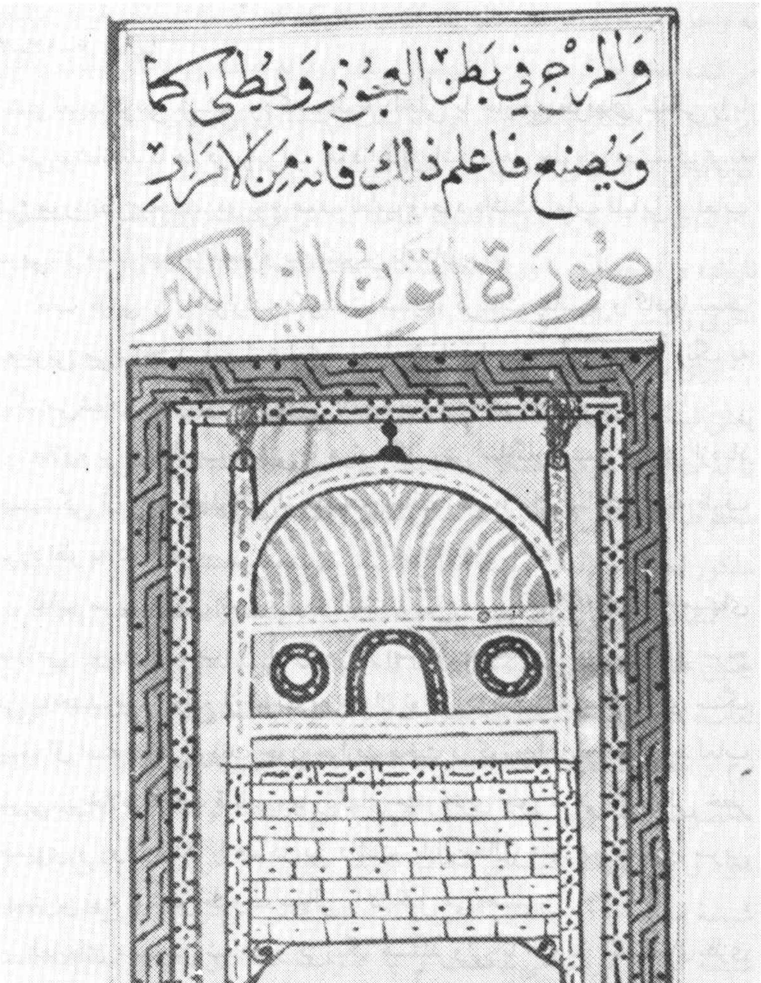
آتشدانی در جنب تنور، به طوری که گازهای گرم حاصل از سوختن چوب یا زغال و غیره از طریق مجرایی به زیر تنور هدایت می‌شد و از راه سوراخی که گفتیم به محوطهٔ درونی تنور راه می‌یافت. اشیاء سفالی نیمه‌مرطوب را در این گرمخانه یا تنور قرار می‌دادند تا پخت آنها کامل شود. گازهای درون تنور، به سوی بالا جریان می‌یافت، و از طریق دودکش یا سوراخهایی که در سقف گنبدی‌شکل تنور وجود داشت خارج می‌شد.

ابعاد کوره‌های سفال‌پزی برحسب اندازهٔ اشیاء و ظرفهایی که باید در آن پخته شود تفاوت می‌یابد و میزان حرارت آنها هم متغیر است. ولی کوره‌های عمودی تنها طرح موجود نبودند. یکی دیگر از انواع کوره‌های سفال‌پزی دارای تنوری با جریان هوای زیرین بود (شکل ۲۴-۶). در اینجا، گازهای گرم به جای بالا رفتن به سوی سقف گنبدی‌شکل، در میان توده‌ها ظروفی که در سینهٔ کوره چیده شده‌اند جریان می‌یابد تا آنکه سرانجام در سطح زمین به مجرای خروجی دودکش مکیده می‌شود.

ابوریحان بیرونی خاطرنشان می‌سازد که برای ذوب کردن مواد اولیهٔ شیشه‌گری (که از آن برای لعابکاری استفاده می‌کردند)، گاه به کوره‌های سفال‌پزی روی می‌آوردند. شکل ۲۵-۶)، که از یک دستنوشتهٔ عربی برگرفته شده، نوعی کورهٔ لعابکاری (مینا) برای ساختن جواهرات مصنوعی را نشان می‌دهد. در این تصویر ویژگیهای نوعی کورهٔ عمودی به چشم می‌خورد: سقف گنبدی‌شکل،



۲۴-۶ مقطع یک کورهٔ سفال‌پزی با جریان هوای زیرین، در ایران. جریان گازهای داغ از آتشدان (پ) در سمت راست به داخل کوره مکیده می‌شود و پس از گذشتن از لابلای توده‌های ظروف چیده‌شده در سینهٔ کوره (ب)، در سمت چپ از طریق دودکش (الف) که در سطح زمین است خارج می‌شود.



۶-۲۵ کورهٔ لعابکاری جواهرات مصنوعی. تصویر از یک دستنوشتهٔ قرن شانزدهم میلادی. کتابخانهٔ تحقیقات، گوتا.

آتشدان زیرین، و اتاقک میانی برای پختن لعاب، و تعدادی دودکش برای خارج ساختن گازهای مصرف‌شده. از طریق یک در ورودی به قسمت بالایی راه می‌یافتند و از آنجا می‌توانستند اشیاء داخل کوره را بردارند و اشیاء دیگری به جای آنها قرار دهند.

۳-۱۳-۶ لعابها

بیشتر لعابها نوعی شیشه بود که سطوح داخلی یا خارجی ظرفهای سفالی را با آن می‌پوشاندند تا هم در برابر آب نفوذناپذیر باشد و هم جلوه‌ای چشمگیرتر به شئ مورد نظر ببخشد. دو نوع عمده لعاب وجود داشت: لعاب قلیایی و لعاب سربی، و منشأ آنها نیز مصر و بین‌النهرین باستان بود.

لعاب قلیایی را با کوارتز و کربنات سدیم، کربنات پتاسیم و گاه با نمک معمولی می‌ساختند. این نوع لعاب بسیار شفاف است، ولی معمولاً رنگ به رنگ می‌شود و قابلیت رنگ‌پذیری آن هم بسیار محدود است.

علاوه بر این، لعاب قلیایی با هرنوع گل رس سازگار نیست و برای ازدیاد چسبندگی آن باید مخلوطی از ماسه و خاک رس را برای ساختن بدنهٔ ظرف مورد نظر به کار گرفت.

لعاب سربی حاوی سرب قرمز است (سرنج - Pb_3O_4). در سرزمینهای اسلامی این نوع لعاب را با ترکیبی از سنگ چخماق (سیلیسیوم) و سرنج می‌ساختند، و در واقع از سرب به عنوان نوعی ذوب‌کنندهٔ کمکی برای سنگ چخماق استفاده می‌کردند، چون حرارت پخت در کوره را پایین می‌آورد. لعاب سربی، برخلاف لعاب قلیایی، با رنگهای متنوع‌تری جور درمی‌آمد، ولی خطر خمیری و روان شدن را هم در پی داشت. با این‌حال، هنوزهم لعابهای سربی مهمترین نوع پوشش ظروف سفالی را تشکیل می‌دهند.

لعابهای معمولی شفاف و بی‌رنگ هستند ولی با افزودن ۱اکسیدهای فلزی بدانها رنگهای گوناگونی به خود می‌گیرند. در سرزمینهای اسلامی، مس یکی از رنگ‌کننده‌های اصلی بود. اکسید مس در لعابهای قلیایی رنگ آبی فیروزه‌ای و در لعابهای سربی رنگ‌سبز به‌وجود می‌آورد. اگر زنگ‌آهن (اکسید فِرّیک - Fe_2O_3) در لعاب سربی پخش بشود رنگ زرد یا نارنجی به وجود می‌آورد، و در شرایط احیا شدن (یعنی، از دست دادن اکسیژن) مبدل به اکسید فِرّو (Fe_2O) که لعاب را به رنگ سبز روشن درمی‌آورد.

برای رنگ دادن به لعابها از ترکیب مس، آهن، و دیگر مواد معدنی نیز استفاده می‌کردند. مخلوط کردن مس با مقادیر متفاوتی از اکسید فرّیک رنگ سبز زیتونی

به وجود می‌آورد، و در حالی که اکسید فرّیک کدر و مات رنگ قرمز تولید می‌کند، مخلوط کردن آن با آنتیموان رنگ زرد به دست می‌دهد. کبالت رنگ آبی سیر و منگنز رنگ ارغوانی تولید می‌کند، و ترکیبهای دیگر نیز انواع گوناگونی از رنگهای جذاب به وجود می‌آورد.

لعابها را - با یا بدون اکسید فلزات - می‌توانستند روی ظروف سفالی ناپخته و چرم‌مانند یا روی سفالینه‌های پخته‌شده به‌کار برند، ولی این روش آخری راکمتر به کار می‌گرفتند.

برای ساختن لعاب سربی، سفالکار مخلوطی از عناصر تشکیل‌دهندهٔ لعاب، یعنی سنگ چخماق، ماسه و سرب قرمز را می‌سایید و آنقدر آب به آن می‌افزود تا به صورت مایعی همگن درآید. در این موقع اکسید فلزی مورد نظر را به مخلوط اضافه می‌کردند. بعد اشیاء سفالی پخته‌شده را با فرو بردن آنها در مایع مذکور لعاب می‌زدند و، بعد، آنها را از نو در کوره می‌پختند.

سفالگر می‌توانست لعاب ساخته‌شده را از پیشه‌وران متخصص بخرد. در چنین حالتی، مایعی شبیه به لعاب قلیایی تهیه می‌شد. برای ساختن این نوع لعاب، مواد اولیه (سنگ چخماق، کوارتز و قلیا) را آنقدر می‌ساییدند تا خوب نرم و مخلوط شود. آنگاه مخلوط را در پاتیلی می‌ریختند و آن را در کورهٔ مخصوصی به مدت چند ساعت حرارت می‌دادند تا تودهٔ مواد اولیه ذوب شود و به صورت شیشه‌ای شفاف درآید. پاتیل را از کوره خارج می‌کردند و شیشهٔ مذاب را در چاله‌ای که پر از آب بود خالی می‌کردند. این حمام سرد شیشهٔ داغ را درهم می‌شکست و به صورت دانه‌های ریز و ساچمه‌مانند درمی‌آورد. آنگاه این دانه‌ها را آسیاب می‌کردند تا در صورت لزوم به متقاضیان بفروشند.

سفالگر، وقتی این لعاب گردمانند را دریافت می‌داشت، آن را با اکسیدهای فلزی مورد نظر خود مخلوط می‌کرد و بعضی عناصر دیگر مانند خاک رس سفید، پتاس [کربنات پتاسیم] و سرکه بدان می‌افزود. بعد، مخلوط را در آب می‌ریخت و به ملایمت آن را می‌سایید تا به صورت مایعی همگن درآید. سپس، سفالینه‌های مورد نظر را از طریق فرو بردن آنها در این مایع، یا از طریق ریختن مایع روی سطح آنها، لعاب می‌دادند و در کوره می‌پختند.

عملیاتی از این نوع را با بعضی تفاوتهای موضعی و محلی در طول دوره‌های مختلف تمدن اسلامی انجام می‌دادند و هنوزهم انجام می‌دهند.

۴-۱۳-۶ نوآوریهای دورهٔ اسلامی در سرامیک‌سازی

اینک که تکنیکهای اساسی سفالگری و لعابکاری را به اجمال توضیح دادیم، بی‌مورد نخواهد بود که پاره‌ای از دستاوردهای سرامیک‌سازان سرزمینهای اسلامی را نیز شرح دهیم.

بعضی از تاریخنگاران سرامیک‌های اسلامی را به سه دوره تقسیم می‌کنند: دورهٔ ابتدایی (تا آغاز قرن پنجم هجری/ قرن یازدهم میلادی) شامل خلافت امویان و نخستین سالهای خلافت عباسیان، دورهٔ میانی (چهارم تا نهم هجری/ دهم تا پانزدهم میلادی)؛ و دورهٔ سوم از قرن نهم هجری/ قرن پانزدهم میلادی به بعد. سخن را با دورهٔ ابتدایی آغاز می‌کنیم.

ظروف و اشیاء سفالی مربوط به نخستین سالهای خلافت عباسیان راکه در سامره و همچنین در بسیاری از نقاط دیگر کشف کرده‌اند می‌توان به شش نوع تقسیم کرد:

(۱) سفالینه‌های معمولی لعاب‌نخورده؛
(۲) ظروف تکفام با لعاب قلیایی؛
(۳) ظروف دارای لعاب سربی با تزئینات برجسته؛
(۴) ظروف دارای لعاب سربی با تزئینات افشان و رگه‌دار، یا ابلق، همراه با ظروف لعابی قلم‌مویی؛
(۵) ظروف دارای لعاب قلعی، شامل نقاشی روی لعاب براق؛
(۶) ظروف دارای نقاشی روی لعاب مات.

یکی از دستاوردهای مهم سرزمینهای اسلامی در طی این دوره، اختراع لعاب قلعی بود. گفته می‌شود که در بین‌النهرین باستانی با این نوع لعاب آشنایی داشتند، ولی بعدها به دست فراموشی سپرده شد تا در قرن سوم هجری از نو کشف گردد. وقتی لعاب دارای اکسید قلع را به لعاب سربی- سیلیکاتی می‌افزودند، نتیجهٔ کار به طرز موفقیت‌آمیزی شبیه به چینی‌های کِرِم‌رنگ و

اصیل تانگ از آب درمی‌آمد. یکی دیگر از مزایای اکسید قلع آن بود که نه فقط امکان می‌داد روی سطح مات و ناپختهٔ آن نقاشی کنند بلکه وقتی هم چنین سفالینه‌ای را می‌پختند، رنگهای روی آن از بین نمی‌رفت، حال آنکه در مورد نقاشیهای روی لعاب سربی ناپخته وضع چنین نبود. این امر به پیدایش بعضی از تزئینات نقاشی‌شدهٔ بسیار ظریف و زیبا روی ظروف سفالی اسلامی انجامید و بعدها به عنوان الگوی ظروف و اشیاء لعابی یا بدل چینی دِلْفت[۱۲۵] و مایولیکا[۱۲۶] در اروپا به کار رفت (از قرن چهاردهم میلادی به بعد).

یکی دیگر از نوآوریهای اسلامی همین دوره، ظرفهای براق نقاشی‌شده بود (شکل ۲۶-۶). در اینجا، با رنگدانه‌های فلزی نقشهایی روی لعاب سفید و مات قلع به وجود می‌آوردند و سپس نقاشیها را با یک پخت دیگر تثبیت می‌کردند. نتیجه آن می‌شد که سطح نقاشی‌شده انعکاس برّاق و موّاجی از خود نشان می‌داد. بعضی از این نوع لعابکاریها، به صورت درخششی طلایی روی زمینهٔ سفید بود، یا درخشش یاقوتی روی زمینهٔ سفید یا رنگهای دیگر. نوعی درخشش چند فام نیز با تابش مسین یا نقره‌ای به کار می‌رفت.

در طول دورهٔ میانی، مهمترین دستاورد سرامیک‌سازان اسلامی اختراع ظروف بدنه سفید بود، و این رنگ را با نوعی مادهٔ ترکیبی جدید به دست می‌آوردند که از پودر کوارتز، خاک رس سفید و پتاس ساخته می‌شد و هنر و خبرگی سفالکاران اسلامی تا بدانجا رسید که حاصل کارشان با چینی‌های اصیل برابری می‌کرد. این مادهٔ ترکیبی جدید وقتی پخته می‌شد، بدنهٔ نیمه‌شفاف و بسیار سختی به وجود می‌آورد که پس از قرن هجدهم میلادی در اروپا به عنوان بدل چینی شهرت یافت.

این نوع ظروف سفالی سفیدرنگ همراه بود با ظهور مجدد لعابهای قلیایی که از ریگ آسیاب‌شده و پتاس استفاده می‌کردند. وقتی چنین لعابهایی روی ظرفهای مذکور زده می‌شد به بهترین وجه درهم می‌آمیختند و دیَگر احتیاجی به لعاب سفید نبود. این کاربرد تازه لعابهای قلیایی پس از کشف بوراکس به عنوان

---

۱۲۵) delft، ظروف لعابی یا بدل چینی خاصی که ابتدا در دلفت، هلند، ساخته شد - م.

۱۲۶) majolica، نوعی سرامیک ایتالیایی با نقاشیهای رنگارنگ و درخشان، یا سرامیکهایی که به تقلید از آن می‌ساختند - م.

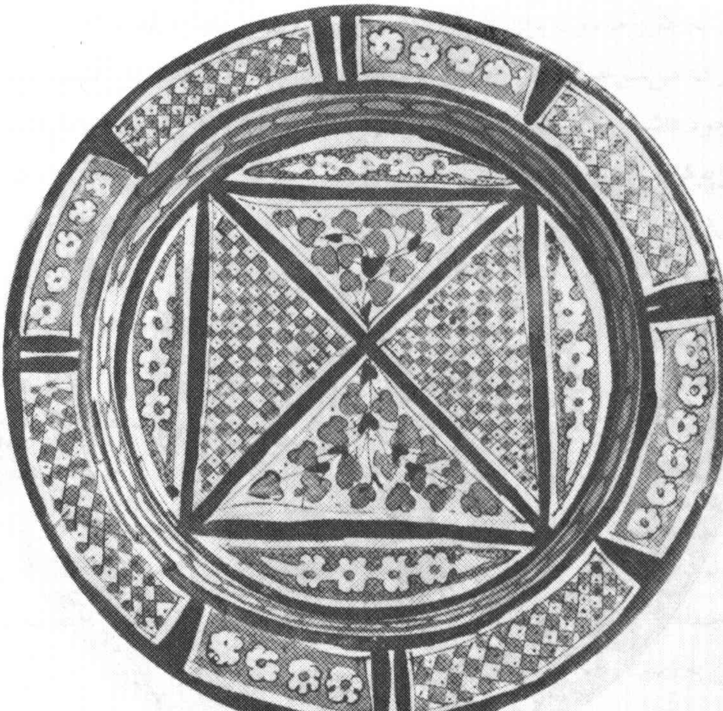
نوعی ذوب‌کنندهٔ کمکی با سهولت بیشتری انجام می‌گرفت. پیشتر دیدیم که لعابهای قلیایی پیش‌ساخته یا جوهر شیشه را در سرزمینهای اسلامی می‌شناختند، ولی قابل تذکر است که ابوریحان بیرونی در همان حال که دستورالعملی برای ساختن این‌گونه لعابها از کوارتز و پتاس آسیاب‌شده می‌دهد، خاطرنشان می‌سازد که از بوراکس نیز به عنوان ذوب‌کنندهٔ کمکی استفاده شود.

ظروف سفید و لعاب قلیایی به اختراع چند تکنیک جدید لعابکاری منجر شد. کمیِ جا به ما اجازه نمی‌دهد که حتی فهرست‌وار به این روشهای جدید اشاره کنیم. با این حال، لااقل یکی از آنها را باید مورد توجه قرار داد. منظور مینا است که که در واقع نوعی نقاشی روی لعاب بود. در این مورد، سفالگر با استفاده از بوته نوعی رنگ‌دانه قلیایی مخصوص را ذوب می‌کرد. پس از سرد شدن مادهٔ مذاب، آن را به صورت گرد درمی‌آورد تا مینا یا «لعاب شیشه‌ای» خود را به رنگهای گوناگون تهیه کند. بعد، مینا را روی لعاب سفید مات به کار می‌بردند. این لعابکاری مضاعف را با نوعی پخت مجدد با حرارت کم به عمل می‌آوردند.

این در واقع عصر طلایی سرامیک و کاشی‌سازی اسلامی بود. در این زمینه، شهر کاشان، در ایران، مشهورترین مرکز کاشی‌سازی در سرزمینهای اسلامی محسوب می‌شد. در همین شهر بود که در ۷۰۰ هجری/ ۱۳۰۱ میلادی، یکی از اعضای خانواده‌ای از سفالگران محلی، ابوالقاسم کاشانی، کتاب مهمی نوشت و در آن تکنیکهای سرامیک‌سازی را به تفصیل شرح داد. شکلهای ۲۶-۶، ۲۷-۶، و ۲۸-۶ نمونه‌های برگزیده‌ای از سرامیکهای سه دورهٔ فوق‌الذکر را نشان می‌دهند.

۱۴-۶ مرکبها و رنگدانه‌ها

در تمدنی که یادگیری و هنرها در آن نقش عمده‌ای ایفا می‌کردند، توجه زیادی به ساخت لوازم تحریر و نگارگری نشان می‌دادند و دستنوشته‌های فنی بسیاری به زبان عربی در دست داریم که انباشته از جزئیاتی دربارهٔ تولید مرکبها، رنگدانه‌ها، چسبها و همچنین کاغذسازی، صحافی و دیگر فنون مربوط به نوشتار و



۶-۲۶ بشقاب سفالی با لعاب سفید و نقش و نگارهای زرد و قهوه‌ای، از بین‌النهرین. قرن نهم میلادی/ قرن سوم هجری. موزهٔ ویکتوریا و آلبرت، لندن.



۶-۲۷ کاسهٔ سفالی نقاشی‌شده با لعابهای رنگین، از رقّه. قرن سیزدهم میلادی/ قرن هفتم هجری. موزهٔ ملی دمشق.



۶-۲۸ بشقاب سفالی نقاشی شده، از ازنیک، ترکیه. تقریباً ۱۵۰۰ میلادی. موزهٔ ویکتوریا و آلبرت، لندن.

کتاب‌سازی است. یکی از این نوع آثار، عمده‌الکُتّاب ... (راهنمای منشیان و افزارکار عُقلا) است که در حدود ۴۱۶ هجری/ ۱۰۲۵ میلادی به وسیلهٔ معزّ بن بادیس نوشته شده، ولی آثار فراوان دیگری هم وجود دارد که به همین موضوعها پرداخته‌اند.

۶-۱۴-۱ مرکب سیاه

دو نوع عمدهٔ مرکب سیاه به کار گرفته می‌شد. سیاهی یکی از آنها به سبب ذرات کربن ثابت و دائمی بود، و دیگری رنگ سیاه خود را از تانات آهن[۱۲۷] می‌گرفت. کربن لازم برای مرکب ثابت را از دودهٔ روغنها و چربیهایی مانند روغن بَزرَک و نفت، یا زغال دانه‌های روغنی دیگر به دست می‌آوردند.

---

۱۲۷) tannate of iron (ترکیب آهن و جوهر مازو یا اسید تانیک). - م.

به طور معمول برای تهیهٔ دودهٔ چربیها از چراغ چهارفتیله‌ای که با روغن بَزرَک می‌سوخت استفاده می‌کردند. بالای چراغ نوعی سرپوش گنبدی‌شکل وجود داشت که سوراخی در کف آن وجود داشت و بالای این سرپوش شش سرپوش دیگر به همان شکل وجود داشت که در واقع نوعی دودکش تشکیل می‌دادند. آنگاه فتیله‌ها را روشن می‌کردند و روغن چراغ آنقدر می‌سوخت تا تمام شود. بعد، دوده‌هایی را که زیر سرپوشهای ششگانه جمع شده بود، به‌وسیلهٔ یک پر جمع‌آوری و الک می‌کردند تا گرد نرم و سیاهی به دست آید.

برای ساختن مرکب ثابت، از صمغ عربی (که از نوعی درخت اقاقیا به دست می‌آید) به عنوان ملاط چسبناک استفاده می‌کردند، هرچند با چسب سفیدهٔ تخم‌مرغ هم (که با زدن سفیده به دست می‌آید) می‌شد این کار راکرد. با این‌حال، در نوشته‌های عربی روشهای دیگری هم برای مرکب‌سازی شرح داده شده که از آن‌جمله می‌توان به جوهر آبی- سیاه اشاره کرد که از کوبیدهٔ پینهٔ مازو و سولفات آهن به دست می‌آمد و هنوزهم معمول است.

۲-۱۴-۶ رنگدانه‌ها

رنگدانه‌ها بدون آن‌که به عمق زیادی زیر سطح اجسام نفوذ کنند، بدانها رنگ می‌بخشند و معمولاً یا به صورت مرکب، آبرنگ یا رنگ روغنی به کار برده می‌شوند. در راهنمای منشیان و افزارکار عقلا، ابن‌بادیس جزئیات زیادی نه تنها دربارهٔ مرکبها و جوهرهای رنگین بلکه در مورد رنگها و لاکها نیز به دست می‌دهد. این نوع رنگدانه‌ها را به وسیلهٔ قلم یا قلم‌مو به کار می‌بردند و معمولاً برای نگارش یا نقاشی روی کاغذ، چرم، چوب و دیگر سطوح از آنها استفاده می‌کردند.

برای رنگدانهٔ سیاه، مادهٔ رنگی معمولی کربن بود که آن را، چنانکه پیشتر شرح داده شد، از دودهٔ چراغ یا از زغالهای مخصوص می‌گرفتند.

رنگدانهٔ سفید را به طور کلی از سرب سفید (اسفیدج) می‌گرفتند و سفیدهٔ استخوان را نیز گاه بدان می‌افزودند.

رنگدانه‌های سرخ با ته‌رنگهای گوناگونی وجود داشت. مادهٔ اصلی آن

شنگرف (سولفور جیوهٔ قرمز) و سرب قرمز (سرنج) بود، ولی گهگاه از نوعی سنگ آهن رستی که دارای رگه‌هایی قرمزرنگ بود نیز استفاده می‌کردند. لاک یا صمغ نیز که به وسیلهٔ حشره‌ای موسوم به لاک[۱۲۸] روی پوستهٔ بعضی از درختها ترشح می‌شود، به سبب دارا بودن رنگدانه‌های قرمز برای تهیهٔ رنگ سرخ به کار می‌رفت و دستورالعملهای مشروحی برای تهیهٔ آن وجود داشت.

رنگدانه‌های زرد به طور کلی از زرنیخ اَصفَر (تری‌سولفید ارسنیک) استخراج می‌شد، هرچند اُخرای زرد (نوعی سنگ‌آهن رستی) نیز برای این منظور به کار می‌رفت. علاوه بر این، در نوشته‌های اسلامی از سرب زرد (مونواکسید سرب) و همچنین زعفران نیز نام برده شده است که این آخری را معمولاً همراه با رنگدانه‌های دیگر به کار می‌بردند.

رنگدانه‌های آبی را از سنگ لاجورد آزوریت (شکلی از کربنات مس) و همچنین از درخت نیل به دست می‌آوردند.

رنگدانه‌های سبز را به طور عمده از کربنات قلیایی مس (زنگار) و همچنین از کانیهای مالاکیت (سنگ مرمر سبز) استخراج می‌کردند. افزون بر این، رنگ سبز را با مایه‌های گوناگون، از طریق مخلوط کردن رنگدانه‌های مختلف به دست می‌آوردند.

چنانچه رنگدانه‌ها آبگون بودند می‌بایست آنها را با نوعی ملاط یا چسب مخلوط کرد تا قابلیت کاربرد پیدا کنند. صمغ عربی معمولاً بهترین و رایج‌ترین مادهٔ چسبنده بود، ولی از مواد چسبناک دیگر مانند چسب ماهی و سفیدهٔ تخم‌مرغ نیز استفاده می‌کردند. رنگ روغنی را معمولاً برای نقاشی مینیاتورها در کتابها و همچنین به عنوان پوشش سطحی مواد اولیه‌ای مانند چوب به کار می‌بردند. در یکی از نوشته‌های قرن دهم هجری (شانزدهم میلادی) اطلاعات دقیقی برای تهیهٔ رنگهای روغنی و تکنیکهای کاربرد آنها به دست آورده‌ایم. برای تهیهٔ آنها، محلولی از رزین و زرنیخ سرخ را با روغن بَزرَک مخلوط می‌کردند و بعد رنگدانه‌ها را همراه با نفت تقطیرشده بدان می‌افزودند و سپس همه را به شدت باهم می‌آمیختند.

---

128) Laccifer lacca

۳-۱۴-۶ ورنی‌ها

نقاشیها را معمولاً با لایه‌ای از لعاب بی‌رنگ (ورنی) می‌پوشاندند. بر اساس یکی از دستورالعملهای رایج در قرن دهم هجری (شانزدهم میلادی) برای تهیهٔ ورنی نوعی حلال نفتی را به مخلوط غیظی از زرنیخ سرخ و روغن بزرگ می‌افزودند و، بعد، محلولی راکه بدین ترتیب به دست آمده بود دو یا سه بار روی سطح مورد نظر می‌مالیدند.

۶-۱۵ رنگرزی

رنگرزی صنعتی تخصصی و مهمی بود که با صنعت نساجی ارتباط نزدیک داشت (شکل ۶-۲۹). تا هنگامی که رنگهای شیمیایی به میدان آمدند، صنعت رنگرزی فقط از رنگهای حیوانی و گیاهی استفاده می‌کرد. با این وصف، باید به خاطر داشت که ادبیات کلاسیک و متأخر هیچگاه جزئیات فنون رنگرزی را آشکار نکرده است، چه آداب و مقررات صنفی ایجاب می‌کرد که فوت و فن کار و اسرار حرفه‌ای نه به صورت نوشته و مضبوط بلکه به طور شفاهی و گوش به گوش از پدر به پسر منتقل گردد. جای تأسف است که حتی در مورد آن مختصر اشاراتی هم که در رساله‌های اسلامی نسبت به فنون و روشهای رنگرزی دیده می‌شود پژوهشهای کافی به عمل نیامده است.

رنگهای قرمز از اهمیت خاصی برخوردار بودند، چون فضایی زنده و مجلل به وجود می‌آوردند. یکی از مهمترین منابع رنگ قرمز همان حشرهٔ لاک و حشرات دیگری از خانوادهٔ کفشدوزک بودند، زیرا در جسم مادهٔ این حشرات رنگدانه‌هایی از قرمز روشن تا ارغوانی یافت می‌شود. در ادبیات اسلامی همهٔ این رنگها را قرمز می‌نامیدند و، بنابراین، واژه‌های اروپاییِ معادل «قرمز جگری»[۱۲۹] و «قرمز سیر»[۱۳۰] از همین واژهٔ «قرمز» عربی گرفته شده است.[۱۳۱]

---

129) crimson   130) carmin

۱۳۱) واژهٔ «قرمز» را اروپاییان *Qirmiz* تلفظ می‌کنند، که ضبط آوایی آن می‌شود «کِرمِز» - م.



۶-۲۹ رنگرزی پارچه. تصویر از یک دستنوشتهٔ قرن شانزدهم میلادی (قرن دهم هجری)، بریتیش لایبرری، لندن.

ولی رنگهای دیگری هم بود که از حشرات می‌گرفتند. یکی از آنها را «قرمزدانه» می‌نامیدند که از یکی دیگر از حشرات خانوادهٔ کفشدوزکها[۱۳۲] استخراج می‌کردند. این حشره را از ارمنستان به سرزمینهای اسلامی وارد می‌کردند. نوع دیگری هم بود که از سرزمینهای مدیترانه‌ای یا از ایران می‌آمد و «قرمز خالص»[۱۳۳] نامیده می‌شد. دستورالعملهای متعددی برای استخراج رنگ قرمز از این هر دو نوع حشره وجود دارد.

یکی دیگر از منابع مهم رنگ قرمز، درخت روناس[۱۳۴] بود که در بیشتر

132) *coccus cacti* 133) Qirmis Proper *(kermococcus vermilio)*
134) *Rubica tinctorum*

سرزمینهای اسلامی و همچنین در ایران به عمل می‌آمد. رنگ قرمز را از ریشه‌های این درخت می‌گرفتند. اهمیت این فراورده به جایی رسیده بود که، برای مثال، ابن‌بصل حتی شرح مفصلی دربارهٔ کاشت و پرورش این گیاه نیز ارائه می‌داد.

سومین منبع مهم رنگ قرمز، گیاهی به نام حنا[135] بود که در سوریه و مصر به عمل می‌آمد. با این حال، ابن‌الأُخوة به مقامات مسئول احتساب توصیه می‌کرد که به جای حنا درخت روناس بکارند، چون رنگ این گیاه آخری دوام بیشتری داشت. نوعی رنگ قرمز هم قابل استخراج از درخت صنوبر بود، ولی در این مورد هم متون تخصصی به محتسب هشدار می‌دادند که به تکثیر این درخت نپردازد، چون رنگ حاصل از آن بادوام نیست.

پیش از این، در عرض کلام خاطرنشان ساختیم که حشرهٔ لاک هم برای تهیهٔ رنگدانه و هم برای روغن جلا (شلاک) مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفت. با این حال باید تذکر داده شود که طرز استفاده از این حشره را در سرزمینهای اسلامی اختراع نکرده بودند، زیرا پیش از ظهور اسلام نیز در چین و هند به این روش رنگسازی آگاهی داشته‌اند.

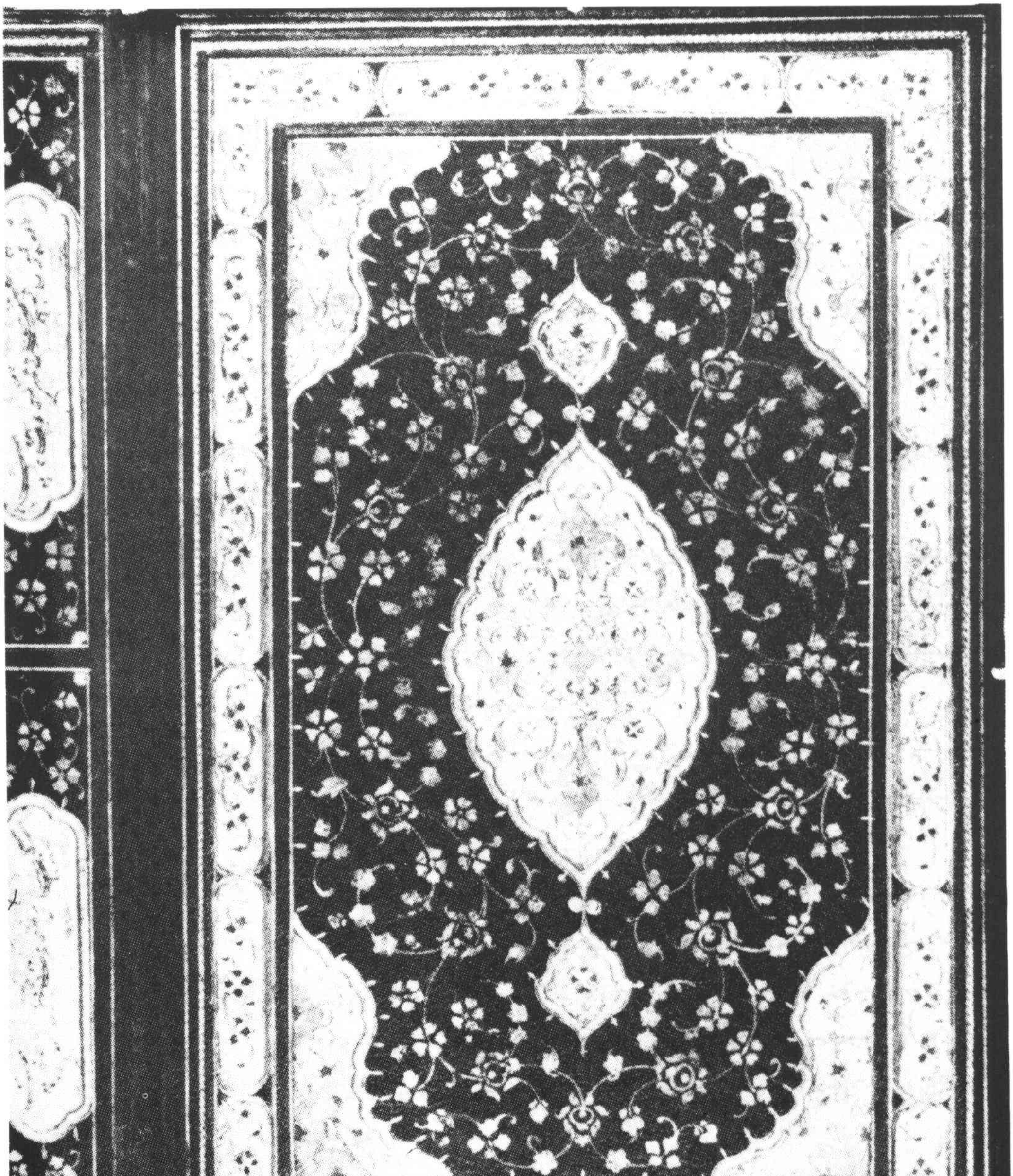
مهمترین منبع رنگهای آبی درخت نیل[136] بود. درخت نیل در بیشتر سرزمینهای اسلامی، بخصوص در فلسطین، رشد می‌یافت. ولی این فراوردهٔ صنعتی مهم را از هند نیز وارد می‌کردند. ایندیگوتین، مادهٔ شیمیایی مولد رنگ آبی را از برگهای این درخت استخراج می‌کردند و در نوشته‌های عربی قرن ششم و اوایل قرن هفتم هجری (دوازدهم یا سیزدهم میلادی) طرز کشت آن را هم ابن‌عوّام در نوشته‌های خود شرح می‌دهد.

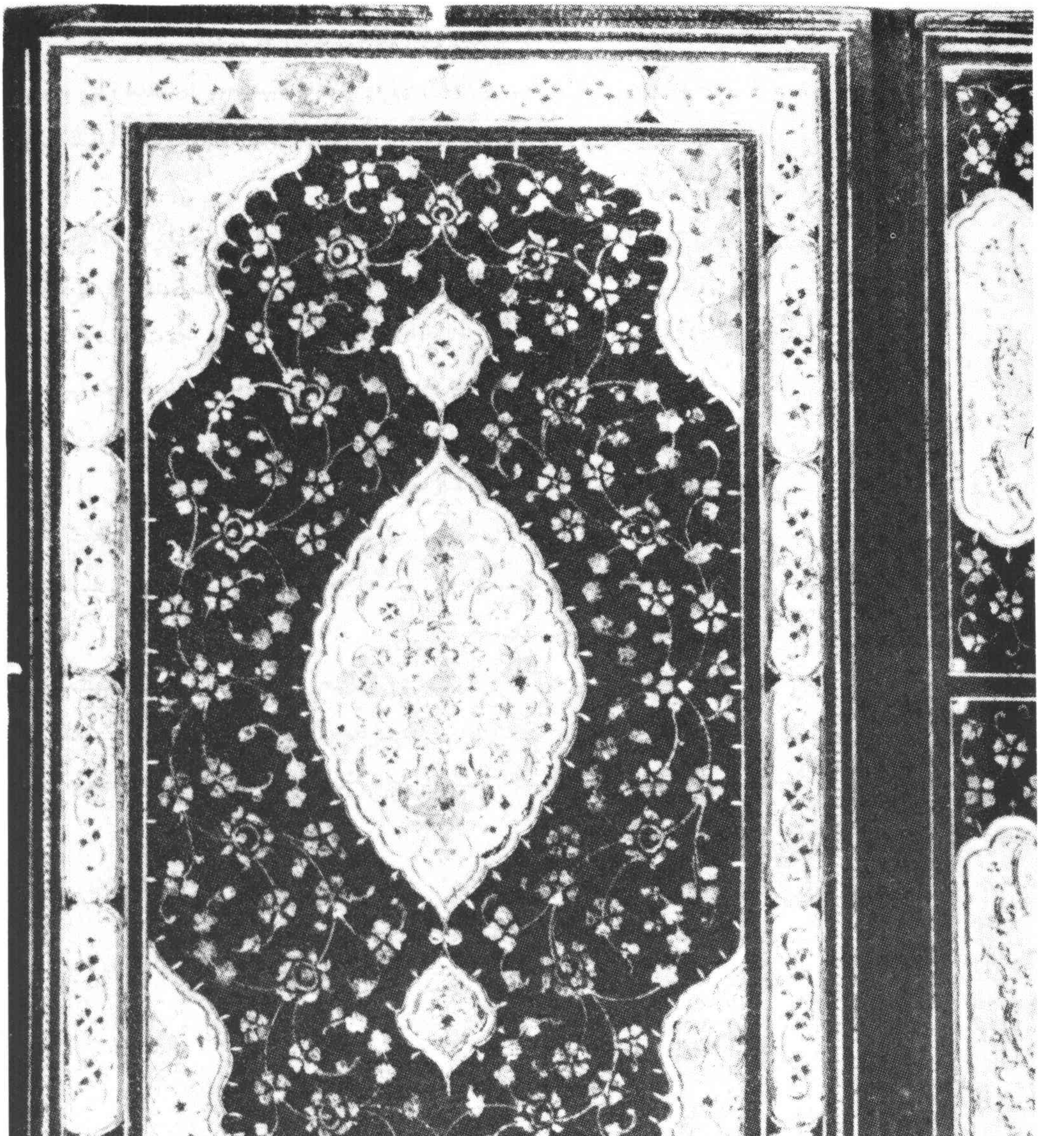
برای تهیهٔ رنگهای زرد مواد اولیهٔ گوناگونی وجود داشت، و از جمله گیاهی به نام عَصفَر یا قَرطم بود که رنگ زرد را از گلبرگهای آن استخراج می‌کردند. سه منبع مهم دیگر رنگ زرد عبارت بود از زعفران[137]، زردچوبه[138] و زعفران هندی یا وَرس[139]. علاوه بر اینها، پوست انار و برگ سماق را نیز هم به عنوان

---

135) *Lawsonia inermis*
136) *Indigofera tinctoria*
137) *Corcus sativus*
138) *Curcuma longa*
139) *Memecylon tinctorium*

نگاره ۱۷۸ صفحه رویی





شکل صفحه ۱۷۸ کتاب

۷ پارچه‌بافی، کاغذ و چرم

۱-۷ صنعت نساجی

پارچه‌بافی پیشروترین صنعت دنیای اسلام بود. شاید هم این موضوع چندان غیرعادی نباشد، چون پس از خوراک، اساسی‌ترین نیاز عمومی جامعه در پوشاک متبلور می‌شود. صنعت نساجی اسلامی در سطح بالایی قرار داشت. هنوز بررسیهای دقیقی در مورد بهبودهای تدریجی صنعت نساجی در جهان اسلام به عمل نیامده است، ولی تردیدی نیست که در هر مرحله از پیشرفتهای فنی، کیفیت فراورده‌های صنایع ریسندگی و بافندگی در سرزمینهای اسلامی به میزان محسوسی بهبود می‌یافت. صنعت نساجی بسیار گسترده بود، حجم تولید پیوسته افزایش می‌یافت، و شمار کارکنان شاغل در این بخش از فعالیتهای صنعتی به ارقام حیرت‌آوری می‌رسید. بخشی از صنعت نساجی زیر نظارت دولت بود و به طور کلی پارچه‌ها و تزئینات مخصوص پوشاک خلفا، امیران، مقامات بالای دولتی، سرداران لشگر، و همچنین انواع جامه‌های اهدایی از طرف دستگاه خلافت (خلعت) را تولید می‌کردند. بنابراین، گروهی از کارکنان صنعت نساجی روزمزد بودند و گروهی دیگر تولیدات شخصی خود را به دولت یا مستقیماً به بازرگانان می‌فروختند.

تأثیر قابل توجه صنعت نساجی اسلامی بر دنیای غرب را می‌توان از وفور واژه‌هایی با منشأ عربی یا اسلامی در زبانهای اروپایی دریافت. برای مثال می‌توان به واژه‌هایی چون داماسک، موسلین و موهر در زبان انگلیَسی اشاره کرد.

۱-۱-۷ الیاف

۱-۷ جلد کتاب چرمی تزیین شده در ایران. قرن شانزدهم میلادی (قرن دهم هجری). موزهٔ ویکتوریا و آلبرت، لندن.

پشم از قدیمی‌ترین الیافی بود که در نساجی اسلامی به کار گرفته شد. پارچه‌های پشمی مرغوب در مصر و دیگر سرزمینهای اسلامی تولید می‌شد، در چند نوع

مختلف پشم گوسفند با کیفیتهای متفاوت وجود داشت. بعضی از آنها برای پارچه‌بافی و بعضی دیگر برای فرش‌بافی مناسب بودند. از موهای لطیف بُز آنقره که موهر نامیده می‌شود (از کلمهٔ عربی مُخیَّر) برای بافتن شال‌های لطیف و پارچه‌های لباس ظریف استفاده می‌کردند، در حالی که پشم شتر را در پارچه‌های دیگری به کار می‌بردند.

پشم گوسفند را با قیچی مخصوص می‌چیدند (شکل ۲-۷) و پیش از ریسیدن پشم آن را برحسب ضوابط کیفی طبقه‌بندی می‌کردند، سپس آن را پاک می‌کردند، چربیش را می‌زدودند و شانه می‌زدند.

مصر از دیرباز به خاطر کتان آن دیار شهرت داشت، ولی پس از اسلام تولید کتان به ایران و دیگر سرزمینهای اسلامی نیز راه یافت. کتان را از مصر به دیگر سرزمینها و از جمله به اروپا نیز صادر می‌کردند و تا سال ۷۰۰ هجری/ ۱۳۰۰ میلادی نیز این بازار همچنان پررونق بود. بعضی از شهرهای صنعتی نظیر تینیس و دمیاط به سبب پارچه‌های کتانیشان شهرت یافتند. سازمان صنعتی کارخانه‌هایشان بسیار پیشرفته بود و در هر مرحله از فرایند تولید دقت و وسواس کم‌نظیری به خرج داده می‌شد. تکنولوژی نساجی سرزمینهای اسلامی در نوع خود پیشرفته‌ترین روش موجود در قرون وسطی بود و در کارخانه‌های کتان‌بافی اروپای آن زمان عیناً به کار گرفته می‌شد.

برای استخراج الیاف کتان از گیاه، ساقه‌های آن را روی کُندهٔ چوبی یا آهنی می‌کوبیدند. بعد، خرده‌ریزهای ساقه‌ها را شانه می‌زدند، ابتدا برای جدا کردن بافتهای چوبی، و بعد برای گستردن و جدا کردن دسته‌های الیاف.

پنبه را نیز از زمانهای باستان در مصر و هند می‌شناختند، ولی عملاً پس از ظهور اسلام بود که پارچه‌های نخی اهمیت یافت. یکی از نتایج انقلاب کشاورزی در دنیای اسلام (ر.ک. فصل ۸) این بود که کشت پنبه در سرتاسر سرزمینهای اسلامی، چه در غرب و چه در شرق، گسترش یافت. پنبهٔ مرغوب در این سرزمینها به عمل می‌آمد و به دیگر کشورها، از جمله چین و خاور دور صادر می‌شد.

در اسپانیا نیز پس از استقرار اسلام بود که پنبه رواج یافت (قرن دوم هجری/ قرن هشتم میلادی). پس از آنکه تولید پارچه‌های کتانی در اسپانیا به شکوفایی



۲-۷ تراشیدن پشم گوسفند در ترکیه.

رسید، در قرن ششم هجری (قرن دوازدهم میلادی) به فرانسه راه یافت، و صد سال بعد به فلاندر، و در قرن هشتم هجری (قرن چهاردهم میلادی) به آلمان، و تقریباً صد سال بعد به انگلستان رسید. سه قرن بعد، صنعت نساجی به صورت یکی از مهمترین عوامل انقلاب صنعتی اروپا درآمد.

در طی قرون وسطی، اروپا نیز از سرزمینهای اسلامی پنبه وارد می‌کرد. بهترین نوع پنبه از شهرهای حما و حلب سوریه صادر می‌شد. در عمل،

سوریه همچنان به عنوان منبع اصلی پنبه باقی ماند تا پنبهٔ مصر شهرت جهانی یافت.

درکارخانه، غوزهٔ پنبه را قبل از مرحلهٔ ریسندگی به عمل می‌آوردند. برای جدا کردن الیافِ پنبه از دانه‌ها، بهترین روش پاک کردن پنبه بود. در این مرحله پنبه را درجه‌بندی می‌کردند و ناخالصی‌های آن را می‌گرفتند. دستورالعملهای مربوط به ارزیابی کیفیت پنبهٔ پاک‌شده و میزان خلوص آن (نسبت به دانه‌ها و آشغالها) را در جزوه‌هایی به نام الحسبه که برای راهنمایی محتسب تهیه می‌شد به ثبت می‌رساندند.

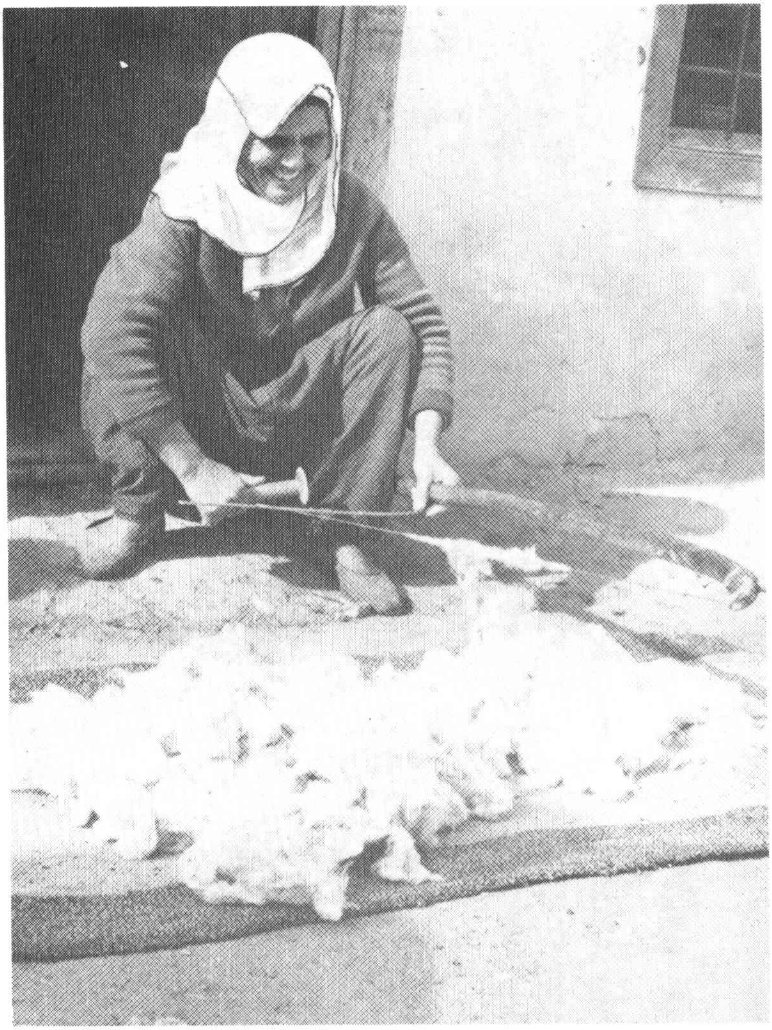
ابریشم محصول فعالیت کرم ابریشم (لارو، یا نوعی کرم صدپا[۱۴۰] از خانوادهٔ بامبیکس[۱۴۱]) است که از برگ درخت توت سفید تغذیه می‌کند و بعد خود را در پیله‌ای که با یک تار ابریشمی پیوسته تنیده می‌شود محبوس می‌سازد. تکنیک به دست آوردن این ابریشم عبارت بود از قرار دادن پیله‌ها در معرض آفتاب تا آنکه لاروها در داخل آنها بمیرند یا فرو بردن پیله‌ها در آب جوش به همین منظور. در هر دو حالت، مرحلهٔ بعدی عبارت بود از پیچیدن تارهای ابریشم به دور قرقره‌های مخصوص، جز در موردی که تارهای ابریشم کُرک شده باشد که در این صورت می‌بایست آنها را مانند پشم یا پنبه ریسید.

صنعت ابریشم‌بافی در قرن ششم میلادی پیش از فرا رسیدن اسلام از چین به خاور نزدیک منتقل شده بود. با وجود این، در زمان گسترش اسلام بود که پارچه‌های ابریشمی چنان اهمیت و شهرتی یافت که در بازارهای اروپایی جانشین ابریشم بیزانس شد و تا قرن هفتم هجری (قرن سیزدهم میلادی) نیز این برتری را حفظ کرد. از آن پس، ابریشم تا قرن نوزدهم میلادی به صورت مهمترین کالای صادراتی به اروپا باقی ماند.

حکومت اسلامی صنعت ابریشم را در همهٔ سرزمینهای اسلامی، از هند و ترکستان در شرق تا سیسیل و اسپانیا در غرب، گسترش داد. پارچه‌های ابریشمی ساخت سرزمینهای اسلامی به طور معمول نام امیر یا سلطان، محل کارخانه، نام مدیر کارخانه و سال تولید کالا را بر خود داشتند. پارچه‌های ابریشمی

---

140) caterpillar 141) Bombyx

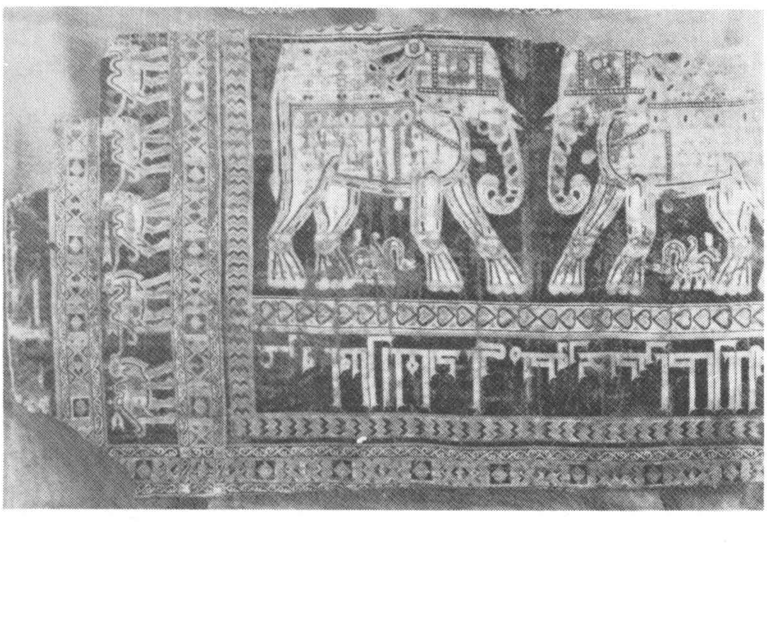


۷-۳ یک زن ترک در حال پنبه‌زنی برای جدا کردن ناخالصیها قبل از نخ‌ریسی.

سرزمینهای اسلامی راه خود را به‌غرب گشود تا در کلیساها به عنوان روکش قبور قدیسان مورد استفاده قرار گیرد. هنوزهم در بعضی‌از کلیساها پرده‌ها و روکشهایی دیده می‌شود که عبارت عربی مقدس لا اله الا الله را بر خود دارند، و تا همین اواخر نیز پارچه‌های‌ابریشمی کشورهای اسلامی یکی‌از فراورده‌های مورد علاقهٔ خریداران کشورهای غربی بود. شکلهای ۵-۷ و ۶-۷ نمونه‌ای از این فراورده‌ها را به دست می‌دهند. گذشته از این، کاربرد هنرمندانهٔ رنگها و طرحها در پارچه‌ها



۷-۴ آماده‌سازی الیاف پنبه برای ریسندگی به وسیلهٔ پنبه‌زنی (کاردینگ)، در سمت چپ، و شانه‌زنی، در سمت راست.

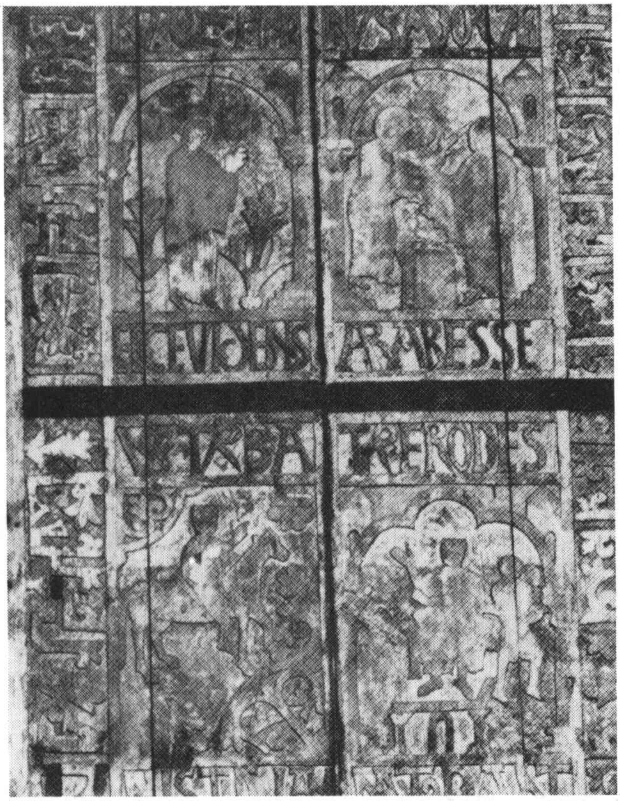


۷-۵ پارچهٔ ابریشمی ایرانی با حاشیه‌نگاری به خط کوفی و طرحهایی از حیوانات. این پارچه قبلاً در کلیسای سن‌ژوس، پاریس، بوده است. قرن دهم میلادی/ قرن چهارم هجری. موزهٔ لوور، پاریس.



۶-۷ پارچهٔ ابریشمی ساخت اسپانیای دورهٔ اسلامی، با طرح طاووس و کلمات عربی تزئینی. قرن یازدهم تا دوازدهم میلادی، موزهٔ کُلونی، پاریس.

و دیگر منسوجات سرزمینهای اسلامی به صورت الگوی کار طراحان اروپا درآمد (شکل ۷-۷). این نفوذ ابتدا در اسپانیا و ایتالیا به چشم می‌خورد و بعد سرتاسر اروپا را درگرفت. این‌نفوذ را حتی در مایه‌های تزئینی نقاشیهای‌ایتالیایی، اسپانیایی، فرانسوی، آلمانی و هلندی نیز می‌توان تشخیص داد (شکل ۷-۷).



۷-۷ درهای چوبی کنده‌کاری‌شده متعلق به کلیسای جامع نُتردام، واقع در لوپویی، فرانسه. چنانکه ملاحظه می‌شود، در حاشیه‌های تصاویر مرکزی درها نوشته‌هایی به تقلید از کتیبه‌های عربی وجود دارد که به احتمال زیاد از روی پارچه‌های صادرشده از سرزمینهای اسلامی به فرانسه الگوبرداری شده است. قرن دوازدهم میلادی/ قرن ششم هجری. ←

۷-۸ زنی در حال نخریسی با دوک (سمت راست). این تصویر بخشی از یک نقش بزرگتر و برگرفته از مقامات حریری است. قرن سیزدهم میلادی، کتابخانهٔ ملی، پاریس. ↓



۷-۱-۲ ماشینهای نساجی

ریسندگی عبارت است از بیرون کشیدن و، بعد، تاب دادن الیاف بافتنی تا حدی که به صورت یک نخ پیوسته درآیند. برای انجام این کار، در تمدنهای باستانی دوکهای گوناگونی برای نخ‌ریسی ابداع کرده بودند. رایج‌ترین شکل آنها نوعی میلهٔ چوبی تقریباً مخروطی است که یک سر آن فاق‌دار است و نوعی لنگر یا صفحهٔ مدور سنگی، گِلی، فلزی یا چوبی به انتهای دیگر آن آویزان می‌شود. این صفحهٔ مدور کار چرخ لنگر را انجام می‌دهد. دوک نخ‌ریسی را با دست به چرخش درمی‌آورند تا نخ را تاب بدهد و بعد دور دوک بپیچد. مشخصات دوک نخ‌ریسی را می‌توان در کتابچه‌های راهنمای مخصوص محتسب پیدا کرد. شکل ۷-۸ نوعی از دوکهای نخ‌ریسی را در حال کار نشان می‌دهد.

علاوه بر دوک نخ‌ریسی، چرخ نخ‌ریسی هم در سرزمینهای اسلامی معمول بود. تاریخچهٔ چرخ نخ‌ریسی همواره یکی از موضوعهای مهم تاریخ تکنولوژی بوده است، زیرا این وسیله نه فقط پیشرفت مهمی در صنعت پارچه‌بافی را نشان می‌دهد بلکه از نظر مهندسی مکانیک هم حائز اهمیت است. علت هم آن است که چرخ نخ‌ریسی دارای یک تسمهٔ بسته برای به گردش درآوردن چرخ است که یکی از قدیمی‌ترین نمونه‌های انتقال مکانیکی حرکت محسوب می‌شود و به احتمال زیاد شاهدی بر نخستین کاربرد چرخ لنگر در یک دستگاه مکانیکی نیز هست. در مورد اختراع چرخ نخ‌ریسی گفت‌وگوهای زیادی جریان داشته است: منشأ آن را به چین، به هند، یا حتی به اروپا نیز نسبت داده‌اند. ولی چرخ نخ‌رسی زودتر از پایان قرن هفتم هجری (قرن سیزدهم میلادی) در اروپا ظاهر نشد، حال آنکه تصویرهایی از این دستگاه در چین به دست آمده که متعلق به دویست سال پیش از تاریخ یادشده در بالاست. این هم روشن است که چرخ نخ‌ریسی یکی از بسیار مزایایی بود که مسلمانان با خود به اسپانیا و سیسیل بردند و در این سرزمینها، علاوه بر پرورش کرم ابریشم، کاربرد چرخهای نخ‌ریسی خاصی را هم رواج دادند که می‌توانستند نخهای چند پیله را باهم تاب بدهند و به صورت یک نخ بسیار محکم و مقاوم دربیاورند.

ابن‌مسکویه، که در ۴۲۱ هجری/ ۱۰۳۰ میلادی وفات یافت، در عین حال تاریخ‌دان و پزشک و فیلسوف بود. وی در کتاب مهم خود، تجارب‌الأُمم، در مورد ماشین مخصوص ابریشم‌ریسی می‌نویسد:

«آیا تا به حال چرخ ابریشم‌ریسی را دیده‌اید که چگونه [تارهای ابریشم] را روی تعدادی دُشکی متصل به قلابهایی روی صولجان [میلهٔ چوگان] یا میلهٔ شیشه‌ای می‌پیچد؟» گفتم: «آری، دیده‌ام». و او ادامه داد: «آیا نمی‌دانید که تنها گرفتاری کارگر تعبیه و تنظیم این دستگاه است، و بعد از این‌کار فقط باید به دنباله‌های دُشکی‌ها چشم بدوزد و آنها را در حال چرخش نگاه دارد؟ حال، دستگاه را مرتب کرده‌ایم، دُشکی‌ها می‌چرخند، ابریشم تابیده می‌شود، نخ ابریشم دور قرقره‌ها پیچیده می‌شود، ولی اگر محل کار را ترک کنیم، نیروی چرخش ضعیف می‌شود و دیگر قدرت محرکه‌ای وجود نخواهد داشت که آن نیرو را تجدید کند؛ پس چرخش به‌کندی می‌گراید، سرعت گردش دُشکی‌ها

کاهش خواهد یافت و سرانجام در جهت مخالف به چرخش درمی‌آیند و رشته‌هایی که به دور آنها پیچیده شده بود شروع به باز شدن می‌کنند. هیچکس آنجا نخواهد بود که مراقب آنها باشد و، بنابراین، یکی پس از دیگری از جا در می‌روند و دست‌آخر چیزی باقی نمی‌ماند.»

این توصیف که در جریان یک گفت‌وگو به عنوان تمثیل بیان شده به قصد تشریح دقیق دستگاه ابریشم‌ریسی نبوده است. با این‌حال، به طور غیرمستقیم نکاتی را روشن می‌کند و نشان می‌دهد که نخ ابریشم را پس از «کشیدن» آن دور قرقره‌ها می‌پیچیدند و برای استحکام بیشتر دو یا سه تار آنها را باهم تاب می‌دادند و روش تاب دادن هم نظیر همان روشی بود که در ریسندگی معمولی به‌کار می‌بردند. ابن‌مسکویه هم به نوعی نخ‌تابی چنددوکی اشاره می‌کند و هم به نوعی ماشین تاب که در قرن سوم هجری (قرن دهم میلادی) در سرزمینهای شرقی دنیای اسلامی به‌کار می‌رفته است. این همان ماشینی است که مسلمانان بعدها آن را به سیسیل وارد کردند و در اواخر قرن هفتم هجری (قرن سیزدهم میلادی) به ایتالیا رسید.

متأسفانه، مهندسان مسلمان به تشریح و تصویر دستگاهها و ماشینهایی که به‌کار می‌گرفته‌اند همت نگماشته‌اند. در نتیجه، طرحها یا تصاویر دقیقی از ماشینهای نساجی آن دوره در اختیار نداریم، هرچند تصویر کمیابی را در یکی از نسخه‌های مقامات حریری (۹۳۶ هجری/ ۱۲۷۳ میلادی) کشف کرده‌ایم که دختری را در حال کار با یک چرخ ریسندگی نشان می‌دهد (شکل ۹-۷). دستگاهی که در این تصویر می‌بینیم ممکن است نوعی چرخ نخ‌ریسی باشد یا نوعی چرخ ماسوره‌پیچی. با این حال، تاریخ نگارش این متن، همان‌طور که نوشتهٔ ابن‌مسکویه نشان می‌دهد، مؤخر بر کاربردهای پیشین این نوع چرخهاست.

پس از ریسندگی، یک رشته عملیات مقدماتی دیگر قبل از مرحلهٔ بافندگی انجام می‌گرفت. مهمترین این عملیات عبارت بودند از نخ‌کِشی (برگرفتن نخ تابیده از دوک)، پیچیدن (پر کردن ماسوره‌های مخصوص پود (تارهای عرضی)، و چلّه‌کِشی (آماده‌سازی نخ برای اتصال آن به دستگاه بافندگی).

بافندگی مهمترین مرحلهٔ صنعت نساجی را تشکیل می‌دهد و به وسیلهٔ

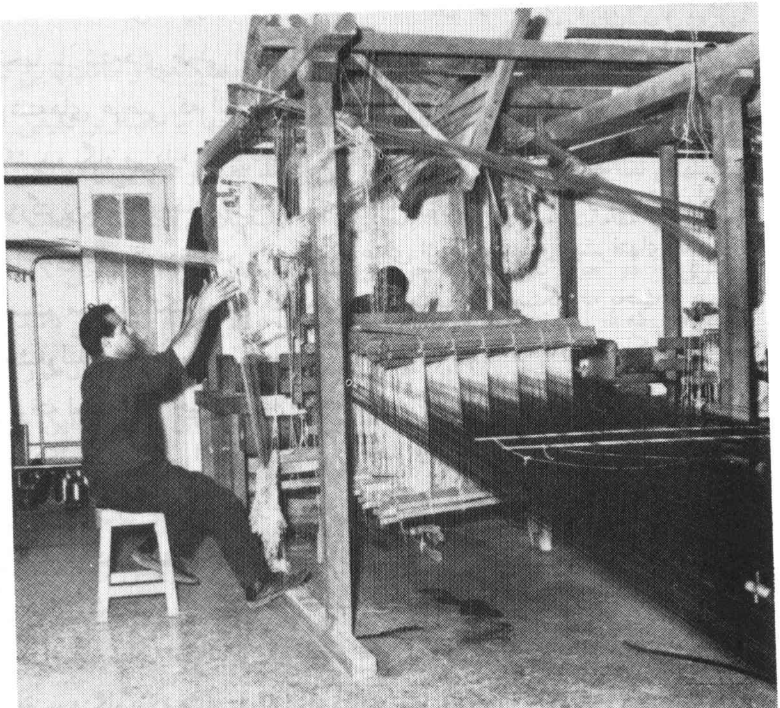


۷-۹ تصویر دیگری از مقامات حریری، که دختری را در حال کار با یک چرخ نخ‌ریسی یا ماسوره‌پیچی نشان می‌دهد (این دو کار را اغلب با یک نوع چرخ انجام می‌دادند.) بغداد، قرن سیزدهم میلادی، کتابخانهٔ ملی، پاریس.

دستگاه بافندگی صورت می‌گیرد. کار عمدهٔ این مرحله درهم تنیدن دسته‌ای از نخها یا رشته‌های طولی است که آنها را تار می‌گویند و دسته‌ای دیگر از نخها یا رشته‌های عرضی که آنها را پود می‌نامند. دستگاه بافندگی تارها را به حالت کشیده نگاه می‌دارد تا پودها را بدانها ببافند. دستگاه بافندگی مسلماً یکی از بزرگترین دستاوردهای تاریخ تمدن است، هرچند این دستگاه را نمی‌توان اختراع واحدی دانست چون در واقع مجموعه‌ای از مشارکتها و پیشرفتهای تدریجی است. مورخان تکنولوژی هنوزهم دربارهٔ منشأ این دستگاه به بحث و بررسی مشغولند و به طور دقیق نمی‌دانند که آیا از سوریه و خاور نزدیک سرچشمه گرفته است یا از چین. نتیجه هرچه باشد، تردیدی نیست که گسترش اولیهٔ این دستگاه مدتها پیش از ظهور اسلام در مصر و سوریه صورت گرفته است. پس از اسلام نیز این گسترش همراه با پیشرفتهای فنی چشمگیری در کیفیت پارچه‌ها ادامه یافت. رکابهای مخصوص برای بالا و پایین بردن متناوب تارها به وسیلهٔ پاها از پیشرفتهای بعدی بود و ماشینهای بافندگی رکاب‌دار چنان رواج یافت که حتی یک شاعر اسپانیایی در اشعار خود از آنها نام می‌برد. در دستگاه بافندگی افقی، هنگامی که فشار پا را از یک رکاب برمی‌دارند، ماکو از یک سمت به سمت

دیگر می‌جهد و در همین موقع پارچه را با «شانه» می‌کوبند تا فاصلهٔ بین تارها را از بین ببرند. بعد، رکاب دیگر را آزاد می‌کنند تا ماکو به محل اول خود برگردد. با دو رکاب و دو «تارکِش» (مجموعه‌ای از ریسمانهای موازی برای هدایت تارها) فقط می‌توان پارچه‌های ساده یا راه‌راه بافت. ولی با رکابهای بیشتر می‌توان به نقشبندیهای گوناگون پرداخت.

طرحهای تزئینی پارچه‌های بافته‌شده در خاور نزدیک از شکلهای هندسی ساده بسی فراتر می‌رفت و نقشهایی از جانوران، پرندگان افسانه‌ای، آدمها و حتی صحنه‌هایی از شکار نیز در متن آنها دیده می‌شود. با این‌حال، نقشهایی چنین پیچیده و پرچین‌وشکنج مستلزم توانایی بالا کشیدن انفرادی تارها به دلخواه بافنده بود. بدین منظور دستگاهی اختراع کرده بودند که آن را «چِلّه‌کش» می‌نامیدند (شکل ۱۰-۷). این‌گونه دستگاههای نقشه‌بندی را بافندگان سرزمینهای اسلامی به تدریج چنان تکمیل کردند که در کارخانه‌های زری‌بافی آنها (طِراز) ماشینهای نقش‌بندی پیشرفته‌ای دیده می‌شد.



۱۰-۷ یک ماشین زری‌بافی در فاس، مراکش.

توصیف جالبی از دستگاه نقشه‌بندی یک کارخانهٔ ابریشم‌بافی در اسکندریه به وسیلهٔ النومیری ارائه شده است. سلطان اشرف شعبان (وفات، ۷۷۸ هجری/ ۱۳۷۶ میلادی) بازدیدی از کارخانه فوق‌الذکر به عمل آورده بود و نومیری جریان امر را چنین گزارش می‌کند:

> وزیرِ سلطان راهنمایی او را در بازدید از دارالطّراز (کارخانهٔ نساجی) برعهده داشت. سلطان پیاده شد و، پس از ورود به کارگاه، از پلکانی که به محل دستگاههای بافندگی و انبارها منتهی می‌شد بالا رفت. یکایک بافندگان را که مشغول بافتن پارچه‌های پرنقش‌ونگار بودند مورد توجه قرار می‌داد و همچنین پارچه‌های رنگارنگ و تکمیل‌شده‌ای را که در همان موقع برای ارسال به حرمسرای او بسته‌بندی می‌کردند از نظر می‌گذراند.
>
> سلطان در اطراف دستگاههای بافندگی می‌گشت و ضمن بررسی جزئیات آنها، گاه سر خود را پایین می‌برد تا قسمتهای زیرین دستگاه را هم ببیند، و از تماشای طرز کار بافندگان، بخصوص هنگامی که ماکوها را با حرکت دادن رکابها به چپ و راست می‌انداختند، لذت می‌برد. همچنین به قسمت بالایی دار پارچه‌بافی نیز توجه داشت و بالا و پایین رفتن دسته‌های نخ را تماشا می‌کرد و به چشم می‌دید که چگونه با این بالا و پایین جهیدن نخها به تدریج نقشهایی از پرندگان، طرحهای هندسی [دالات و شادُروانات] و دیگر الگوها روی پارچه شکل می‌گرفت.
>
> سلطان همچنان به این‌سو و آن‌سو می‌رفت و به همه چیز می‌نگریست تا آنکه به کنار بافندهٔ سالخورده‌ای رسید که در برابر دارِ بافندگی خود، ماکو را مرتب به چپ و راست می‌افکند تا پارچه‌ای شبیه به گلهای بهاری ببافد.
>
> سپس، سلطان به انبارها رفت تا با نمونه‌هایی از انواع پارچه‌های تولیدشده در دارالطّراز اسکندریه آشنا شود: پارچه‌های زری [زرکِش]، پارچه‌های راه‌راه، و جامه‌های حریر زردوزی‌شده کامل. وی چند دست از این لباسها را انتخاب کرد تا آنها را با خود ببرد و بقیه را همان‌جا گذاشت تا کارهای تکمیلی آنها پایان یابد.

مشخصات پارچه‌های ابریشمی در دفترچهٔ راهنمای محتسب ضبط و ثبت می‌شد: طول و عرض پارچهٔ بافته‌شده، تعداد دندانه‌های شانهٔ مخصوص بافنده و حداقل وزن پارچه. ضوابط و مقرراتی شبیه به مشخصات فوق‌الذکر که در آئین‌نامه‌های شهرداریهای سِویل و تولیدوِ اسپانیای مسیحی دیده می‌شود، آشکارا دلالت بر تداوم مقررات ابریشم‌بافی دارد. انتقال طرحهای تزئینی غامض از سیسیل و اسپانیای مسلمان به ایتالیا و دیگر نقاط اروپا نیز مستلزم انتقال

همزمان دستگاه نقشه‌بندی بوده است.

پرداخت نهایی. پس از اتمام کار بافندگی، پارچه را قبل از آن‌که به فروش گذاشته شود، در معرض پرداختکاری نهایی قرار می‌دادند. ابتدا، پارچه را به دقت وارسی می‌کردند و کلیهٔ مواد زاید آن را می‌گرفتند. بعد، پارچه‌های پشمی را تحت فشار قرار می‌دادند تا «پُر» شود و ضخامت پیدا کند. سپس، پارچه را می‌شستند. پارچه‌های کتانی را هم می‌کوبیدند تا سطح آن بهبود یابد، و بعد آن را می‌شستند. دقّاق یا کوبنده پیشه‌وری بود که کارِ کوبیدن و تحت فشار قرار دادن پارچه را انجام می‌داد. این کار جدا از حرفهٔ بافندگی بود، و محتسب بر کارِ کوبندگان نیز نظارت داشت.

پس از کوبیدن و شستن پارچه، آن را در هوای آزاد می‌گستردند تا خشک شود. بعد، کار رنگبری الیاف پارچه‌های پشمی و کتانی و پنبه‌ای به وسیلهٔ قصّار (شوینده) انجام می‌گرفت و، سرانجام، پارچه را اطو می‌زدند و صاف می‌کردند.

۳-۱-۷ مشاغل و حرفه‌ها در صنعت نساجی

برای درک اهمیت صنعت نساجی در دنیای اسلامی کافی است نگاهی بیفکنیم به طبقه‌بندی مشاغل و حرفه‌های موجود در دمشق، آنطور که در کتاب الحسبه (کتاب شکایات [برای محتسب]) اثر ابن‌المُبرِد (قرن دهم هجری/ قرن شانزدهم میلادی) آمده‌است. وی نظام طبقه‌بندی‌خود را با بافندگان شروع‌می‌کند ومدعی می‌شود که‌دارای ۱۰۰ صنف بوده‌اند. بعد، فهرستی‌از ده صنف‌بافندگان‌پارچه‌های نخی، بیش از بیست صنف برای بافندگان پارچه‌های کتانی، بیش از چهل صنف برای ابریشم‌بافان (به اضافهٔ شاگردان و کارآموزان)، بیش از ده صنف برای گلیم و قالی‌بافان، و بیش از پنج صنف برای کرباس‌سازان و کیسه‌دوزان ذکر می‌کند.

حرفه‌های دیگر که با صنعت نساجی ارتباط داشتند عبارت بودند از فروشندگان پارچه‌های نو و فروشندگان پارچه‌ها و فرشهای مستعمل. برای عرضهٔ ابریشم و نخ، فروشندگان خاص وجود داشت، و حرفه‌های رنگبر، کوبنده، رنگرز، نخریس، و مشاغل متنوع دیگری نیز زیر نظارت محتسِب به فعالیت می‌پرداختند. همهٔ این حرفه‌ها و مشاغل در اصناف مخصوص به خود متشکل بودند و کیفیت کارشان توسط محتسِب وارسی می‌شد.



۱۱-۷ قالی‌بافی سنّتی در ایران.

در کارخانهٔ نساجی دولتی اسکندریه، ادارهٔ امور به دست یک مدیرکل (ناظر) بود، و یک بازرس (مُشرِف) او را یاری می‌داد و کالاهای ساخته‌شده را در انبار حفظ می‌کرد. عامل کارهای حسابداری را انجام می‌داد و بر همه‌چیز نظارتی کلی داشت، حال آنکه شاهد به امور مالی می‌پرداخت. ولی، این سازمان‌بندی اداری در همهٔ سرزمینهای اسلامی یکسان نبود.

۲-۷ کاغذ

ورود و گسترش صنعت کاغذسازی به خاورمیانه و مدیترانهٔ شرقی را باید یکی از دستاوردهای تکنولوژیکی تمدن اسلامی دانست که در تاریخ بشریت جای بسزایی دارد.

تاریخچهٔ پیدایش کاغذ اینک روشن شده است. این امکان وجود دارد که در قرن سوم پیش از میلاد مسیح بعضی انواع کاغذ در آسیا ساخته می‌شده است، ولی تاریخ مطمئن‌تر ابداع و ساخت کاغذ را باید در حدود ۱۰۵ میلادی در نظر گرفت - یعنیَ در زمانی که چینیان توانستند با پوست درخت توت کاغذ بسازند. همچنین گفته شده است که در آن روزگار چینیان عملاً تمام تکنیکهای دیگر کاغذسازی در آسیا را از میان برداشتند و انحصار صنعت کاغذسازی را به خود اختصاص دادند. واقعیت امر هرچه باشد، از منابع اسلامی چنین برمی‌آید که صنعت کاغذسازی در سمرقند از قرن دوم هجری (قرن هشتم میلادی)، و بخصوص از هنگامی شروع شد که گروهی از اسیران جنگی چینی، بعد از جنگ رود تلاس (۱۳۳ هجری/ ۷۵۱ میلادی) در آنجا اقامت داشتند. قزوینی، به استناد بعضی مأخذهای دیگر می‌نویسد: «اسیران جنگی را از چین آورده بودند. درمیان آنها فردی بود که با صنعت کاغذسازی آشنایی داشت و همو بود که به ایجاد این صنعت در سمرقند همت گماشت و از آن پس صنعت کاغذسازی در سمرقند چنان توسعه یافت که حتی به خارج نیز صادر می‌شد.»

با ورود صنعت کاغذسازی به دنیای اسلام، و توسعهٔ آن بین قرنهای دوم و چهارم هجری، انقلابی در صنعت انجام گرفت. مهمترین وسیلهٔ نوشتار و کتابت از قید و بندهای انحصار خارج شده بود و کاغذ به صورت فراورده‌ای بسیار ارزان‌قیمت درآمد.

قدیمی‌ترین سندهای کاغذی موجود در مصر، دستنوشته‌هایی به زبان عربی است که تاریخهایی از سالهای ۱۷۸ تا ۱۹۷ هجری (۷۹۶ تا ۸۱۵ میلادی) را بر خود دارند، هرچند می‌دانیم که در بغداد نیز از قرن دوم هجری کارخانه‌های کاغذسازی دایر شده بود، و به استناد گفتهٔ رابرت فوربز، مورخ علم، در قرن چهارم هجری (قرن دهم میلادی) کارخانه‌های کاغذسازی شناور روی دجله در بغداد فراوان بود. بعدها، صنعت کاغذی به سوریه رسید و در شهرهایی چون دمشق، طبریه، طرابلس و دیگر نقاط برپا شد. سپس نوبت به مصر و شمال افریقا رسید و کارخانه‌های کاغذسازی در قاهره و فاس (مراکش) به صورت مراکز عمدهٔ تولید درآمدند. و، سرانجام صنعت کاغذسازی به سیسیل و اسپانیای اسلامی راه یافت و خاتیوا در منطقهٔ والنسیا به یکی از مراکز مهم

کاغذسازی مبدل گشت که تولیدات آن شهرتی بسزا داشت. بدین ترتیب، مدتها بعد بود که صنعت کاغذسازی به کندی در اروپا گسترش یافت. در آنجا، نخستین کارخانهٔ کاغذسازی در فابریانو (ایتالیا) به سال ۱۲۷۶ میلادی پاگرفت و بیش از یک قرن دیگر طول کشید تا در ۱۳۹۰ میلادی یک کارخانهٔ کاغذسازی در نورنبرگ آلمان تأسیس شد.

کارخانهٔ کاغذسازی موجد نوعی انقلاب فرهنگی بود که تولید کتاب را به مقیاس بی‌سابقه‌ای تسهیل کرد و در ظرف کمتر از یک قرن صدها هزار دستنوشته را در سرتاسر دنیای اسلامی پراکند. در همه جا کتاب فراوان بود و حرفهٔ کتابفروشی (ورّاق) جان گرفت. تنها در بغدادِ اواخر قرن سوم هجری (قرن نهم میلادی) بیش از صد کارگاه کتاب‌سازی وجود داشت. کتابخانه‌های شخصی فراوان بود و کتابخانه‌های عمومی نیز همه جا به چشم می‌خورد. به طوری که در زمان حملهٔ مغولها به بغداد (قرن ششم هجری/ ۱۲۵۸ میلادی) حداقل ۳۶ کتابخانهٔ عمومی در آنجا دایر بود. برای نخستین بار، علم، ادبیات، فلسفه و دیگر حوزه‌های دانش بشری در اختیار همهٔ افراد باسواد سرزمینهای اسلامی قرار گرفته بود. جرج سارتن، مورخ بزرگ تاریخ علم، در شگفت است از این‌که چرا واژهٔ کاغذ در زبانهای اروپایی، به پاس خدمت بزرگی که زبان عربی به مغرب زمین کرد، از این زبان مشتق نشده است. دلیل این امر، به اعتقاد وی، آن است که چون در زبان عربی کلمهٔ واحدی برای کاغذ وجود نداشت، اروپاییان کلمه‌ای را برگزیدند که به واژهٔ «پاپیروس»[۱۴۲] شباهت داشته باشد. با این‌حال، در زبانهای اروپایی امروزی هم در صنعت کاغذسازی کلمه‌ای وجود دارد که یادآور نقش تمدن اسلامی در گسترش صنعت کاغذسازی به اروپاست: منظور کلمهٔ «ream» در زبان انگلیسی، «resma» در اسپانیایی، «risma» در ایتالیایی، و کلمات مشابهی در دیگر زبانهای اروپایی است. همهٔ این کلمه‌ها از واژهٔ عربی «ریمه» مشتق می‌شود که به معنای یک عدل یا یک بند کاغذ است که امروزه به معنای مقدار معینی کاغذ در حدود ۴۸۰ برگ یا غالباً ۵۰۰ تا ۵۱۶ برگ است.

---

۱۴۲) منظور کلمهٔ paper (در انگلیسی) و کلمهٔ papier (در زبان فرانسه) است. - م.

۱-۲-۷ تکنولوژی کاغذسازی

پیشتر از کتاب «عمدة‌الکتّاب» ابن‌بادیس یاد کردیم. یازدهمین فصل این کتاب به تشریح روش کاغذسازی از برزک یا گیاه کتان می‌پردازد و چنین می‌نویسد:

طرز تهیهٔ کاغذ تلخه. بذرک سفید و خوب را انتخاب کنید و ساقه‌های آن را جدا کنید. بعد، آن را در آب خیس کنید و شانه بزنید تا نرم شود. بعد، آن را در آب آهک خیس کنید و بگذارید یک شبانه‌روز بماند. بعد آن را با دست خمیر کنید و در آفتاب پهن کنید تا خشک شود [شکل ۱۲-۷ (الف)]. بعد، آن را از نو در آب آهک قرار دهید ــ نه در همان آب آهک قبلی ــ و بگذارید تمام شب در آب آهک بماند. بعد، آن را مثل دفعهٔ اول دوباره با دست خمیر کنید و ورز بدهید و، سپس، در آفتاب خشک کنید. این کار را به مدت سه، پنج، یا هفت روز تکرار کنید. اگر آب آهک را دو بار در روز عوض کنید، کار زودتر انجام می‌گیرد. وقتی کاملاً سفید شد، آن را با قیچی به قطعات کوچکتری ببرید. بعد آن را در آب شیرین به مدت هفت روز بخیسانید و هر روز آب را عوض کنید. وقتی دیگر اثری از آهک باقی نماند، آن را هنگامی که هنوز خیس است در هاون بسایید. وقتی کاملاً نرم شد و گره و گلوله‌ای باقی نماند، آن را در ظرف تمیزی در آب حل کنید تا به صورت حریره‌ای ابریشمین درآید. بعد، قالبی به اندازهٔ دلخواه تهیه کنید. قالب را مثل حصیر [با] ساقه‌های سمنا ببافید. قالب دارای دیواره‌های باز است. یک ظرف خالی زیر قالب قرار دهید. حریرهٔ بذرک را با دست تکان دهید و آن را در قالب بریزید [شکل ۱۲-۷ (ب)]. آن را با دست صاف کنید تا ضخامت آن در جایی بیشتر از جای دیگر نباشد. وقتی یکدست و هموار و آبکشی شد، و وقتی شما به نتیجهٔ مطلوب رسیدید، آن را روی صفحه‌ای مستوی [پهن کنید]، و بعد آن را بردارید و به یک دیوار صاف بچسبانید [شکل ۱۲-۷ (پ)]. آن را با دست صاف کنید و بگذارید تا خشک شود و خود به‌خود بیفتد. بعد، آرد نرم گندم و نشاسته را، به نسبت نصف به نصف، مخلوط کرده و در آب سرد ورز دهید تا کاملاً در آب حل شود و چیز زبر و ضخیمی باقی نماند. آب را به جوش بیاورید و آن را روی مخلوط بریزید تا کاملاً رقیق شود. بعد، یک ورقه کاغذ را پهن کنید و محلول رقیق‌شده را با دست روی آن بمالید و بگذارید تا خشک شود. وقتی همهٔ ورقه‌ها را بدین ترتیب آهار زدید و خشک کردید، آنها را برگردانید و روی دیگرشان را هم به همین ترتیب آهار بزنید. آنها را روی یک سینی قرار دهید و با افشانه‌های آب آنها را نَم‌دار کنید. ورقه‌های کاغذ نم‌دار را روی هم توده کنید، و بعد آنها را، همانطور که پارچه را اطو می‌کشید، اطو بزنید. انشاءالله.

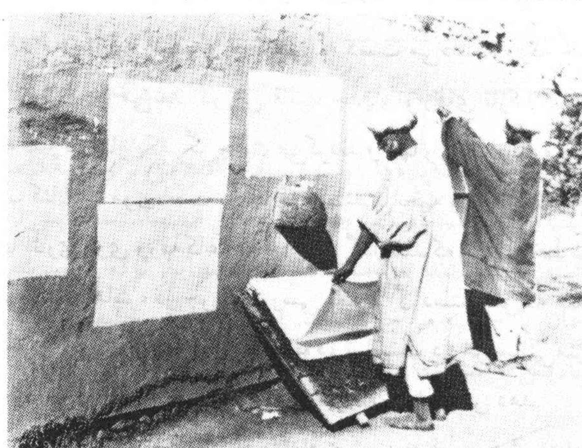
(الف)



(ب)



(پ)



۱۲-۷ سه عکس از کاغذسازی در کشمیر، در ۱۹۱۷.
(الف) بی‌رنگ کردن و سفید کردن خمیر کاغذ در آفتاب.
(ب) قرار دادن خمیر رقیق‌شده در قالب.
(پ) خشک کردن ورقه‌های کاغذ بر دیوار.

روشی که ابن‌بادیس شرح می‌دهد منحصر به فرد نبود. وی ظاهراً کتاب خود را خطاب به اهل علم و سواد و نسخه‌برداران تدوین کرده بود تا طرز تهیهٔ کاغذ و مرکب و صحافی را به آنها بیاموزد و از این راه آنان را از خریدن مواد و مصالح لازم برای کتابت یا ارجاع این کار به دیگران معاف دارد. روشهای صنعتی شامل تجهیزات مکانیکی و آلات و ابزار مفصل‌تری بود.

به نظر دارد هانتر، مورخ، نوآوریهای عمدهٔ دورهٔ اسلامی در تکنولوژی کاغذسازی را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

(۱) اختراع قالب خیزران. منظور قالبی است که ورقهٔ کاغذ خیس را می‌توانستند برای آبکشی روی آن بگذارند و بعد ازگرفته شدن آب، ورقهٔ کاغذ را که هنوز مرطوب بود از روی آن بردارند. به اعتقاد هانتر، این عمل که «نخستین مرحلهٔ واقعی فرایند کاغذسازی بود، به سازنده امکان می‌داد که به طور پیاپی ورقه‌های کاغذ را روی همان یک قالب آبکشی کند.» به عبارت دیگر، این اختراع کاغذسازی را از نوعی پیشهٔ دستی به سطح تولید صنعتی ارتقا می‌داد. و جالب این است که ماشینهای امروزین کاغذسازی نیز دقیقاً از همین اصول پیروی می‌کنند.

پیش از این اختراع، قالب نوعی چارچوب از جنس خیزران بود که پارچهٔ درشت‌بافی را روی آن می‌کشیدند. ولی در این روش، ورقهٔ کاغذ خیس را نمی‌توانستند از روی پارچه بردارند و، بنابراین، همانجا می‌ماند تا خشک شود. ولی اختراع جدید ماده اولیهٔ صاف و محکمی به دست می‌داد که ورقهٔ خیس کاغذ به آسانی از آن جدا می‌شد. در این قالب جدید نوارهای نازک و مدور چوب خیزران که کنار درکنار یکدیگر جفت می‌کردند و آنها را به فواصل منظم با تار ابریشم، الیاف کتان، یا موی اسب به هم می‌بستند یا بخیه می‌زدند. نوارهای خیزران و بخیه‌ها آثاری روی ورقهٔ کاغذ به جای می‌گذاشتند که آنها را «خط درز» و «خط بخیه» می‌گفتند. هانتر، در جریان بررسی یک قرآن دستنویس که متعلق به قرن ششم هجری (قرن دوازدهم میلادی) بود، توانست در هر سانتی‌متر از کاغذ آن قرآن، خطوط درزهای شش و نیم نوار خیزران را تشخیص دهد.

پوشش خیزران قالب کاغذسازی از حیث بافت شبیه به قطعه فرشی بود که

می‌شد آن را لوله کرد یا تا زد. وقتی می‌خواستند یک برگ کاغذ درست کنند، پوشش حصیری را همچون پارچه‌ای روی چارچوب مجوف قالب می‌کشیدند. بعد، کل قالب ـ یعنی هم چارچوب و هم پوشش حصیری آن را در ظرف مخصوص حریرهٔ کاغذ فرو می‌بردند و آن را با باری از الیاف ساییده‌شده و خیس بذرک بالا می‌کشیدند. بعد، پوشش حصیری را از روی چارچوب قالب برمی‌داشتند و لایهٔ رسوبی خیس را روی صفحهٔ صافی می‌گستردند. کارگر متخصص این کار پوشش حصیری را از لبهٔ بالایی آن طوری لوله می‌کرد که لایهٔ رسوبی روی آن بدون چین و چروک همچون ورقه کاغذ صاف و یکدستی روی صفحهٔ حامل پهن شود. این، در واقع، ساده‌ترین و بهترین روشی بود که می‌شد ابداع کرد، و ناگفته نماند که «روش کاغذسازی در تمام دورانها وابسته به همین نوع قالب بوده است.»

(۲) بذرک و پنبه، و کهنه‌پاره‌های کتانی. درست معلوم نیست که این‌گونه مواد اولیه را در چه زمانی برای کاغذسازی مورد استفاده قرار داده‌اند. دیدیم که ابن‌بادیس از ساقهٔ کتان برای کاغذسازی استفاده می‌کرد و گزارشهایی در دست است که نشان می‌دهد که استفاده از الیاف ساقهٔ بذرک و کهنه‌پاره‌های کتانی سابقه‌ای طولانی دارد، ولی استفاده از پنبهٔ بافته‌نشده مربوط به دوره‌های تازه‌تر است. با این‌حال باید توجه داشت که این نوع مواد اولیه برای کاغذسازی در واقع نوآوریهای مهمی محسوب می‌شد، زیرا چینیها از پوست درخت توت سفید برای ساختن کاغذ استفاده می‌کردند و این درخت در سرزمینهای اسلامی یافت نمی‌شد. بنابراین، می‌بایست جانشینهایی برای آن پیدا کرد.

(۳) تخمیر کهنه‌پاره‌ها. در سرزمینهای اسلامی برای تهیهٔ کاغذهایی نه چندان ظریف و مرغوب، کهنه پاره‌ها را در محلی می‌انباشتند و پس از اشباع کردن آنها با آب، می‌گذاشتند تا تخمیر شوند. بعد، این تودهٔ تخمیرشده را با خاکستر گیاهان یا چوب می‌جوشاندند. این روش در حقیقت بدیل روشی بود که ابن‌بادیس با استفاده از آب آهک به کار می‌برد.

(۴) آهارزنی کاغذ. نخستین کاغذسازان سرزمینهای اسلامی می‌کوشیدند تا

از پارشمن یا کاغذ پوستی تقلید کنند و بدین منظور کاغذ را با نشاسته گندم آهار می‌زدند. این ابتکار موجب می‌شد که سطح کاغذ برای نوشتن با مرکب مناسبتر گردد.

(۵) استفاده از کوبهٔ ضامن‌دار برای کوبیدن کهنه‌پاره‌ها. اصل کوبهٔ ضامن‌دار را هم در چین و هم در خاور نزدیک می‌شناختند. ولی هانتر می‌گوید که «پس از توسعهٔ صنعت کاغذی به وسیلهٔ مسلمانان بود که نوعی کوبهٔ ضامن‌دار را به کار گرفتند. کارگرانی که انتهای محور افقی این کوبهٔ مکانیکی را در اختیار داشتند با صرف نیروی ناچیزی می‌توانستند کوبهٔ سنگین آن را روی تودهٔ کهنه‌پاره‌هایی که می‌بایست کوبیده و خمیر شوند فرود آورند. این روش نسبت به روش چینی، مستلزم صرف نیروی انسانی بسیار کمتری بود.

(۶) نخستین کاربرد چرخاب برای به حرکت درآوردن کوبهٔ مکانیکی در صنعت کاغذسازی. این موضوع از نظر تاریخی حائز اهمیت است و در اینجا مناسب به نظر می‌رسد که نتیجه‌گیریهای تنی چند از مورخان تکنولوژی را ذکر کنیم. رابرت فوربز می‌نویسد که «در قرن دهم میلادی، کارخانه‌های کاغذسازی شناور در روی دجله، نزدیک بغداد، وجود داشته است، حال آنکه هانتر معتقد است که گرمکوبی مکانیکی مواد اولیهٔ کاغذسازی با نیروی آب به سال ۱۱۵۱ میلادی در خاتیوا، مرکز صنایع کاغذی در اسپانیای اسلامی، «اختراع» شده است. در این زمینه، گلیک[۱۴۳]، تاریخنگار تکنولوژی، نیز مدعی می‌شود که مدارک و شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهند مسلمانان خاتیوا از نوعی آسیاب مخصوص له کردن مواد اولیهٔ کاغذسازی استفاده می‌کردند که به نیروی آب حرکت می‌کرد و همو این پرسش کلی را هم پیش می‌کشد که آیا آسیاب مخصوص له کردن مواد اولیهٔ کاغذسازی در اسپانیای مسیحی (که از نوعی کوبهٔ مکانیکی استفاده می‌کرد) ملهم از مدل دورهٔ اسلامی بوده است یا ملهم از مدل شمالی اروپایی.

143) Glick

یقین داریم که از کوبهٔ ضامن‌دار، هم در کاغذسازی استفاده می‌کرده‌اند و هم برای شالیکوبی (ر.ک. شکل ۱۵-۸ (ب)) و این هر دو فعالیت تولیدی را مسلمانان به اسپانیا وارد کردند. همینسان، چرخاب قائم را هم که به حرکت‌درآورندهٔ کوبهٔ ضامن‌دار بود مسلمانان در اسپانیا رواج دادند. علاوه بر این، چرخاب افقی را در اسپانیا برای مقاصد غیرصنعتی به کار می‌بردند، حال آنکه چرخاب قائم تا اواسط قرن چهارم هجری در آنجا ناشناخته بود. نشانهٔ دیگری از منشأ اسلامی چرخاب قائم آن است که در بسیاری از موارد کلمهٔ معرب «آسنیا»[۱۴۴] را در زبان اسپانیایی برای نامیدن چرخاب قائم به کار می‌برند، و این کلمه در واقع مشتق از کلمهٔ عربی سَنیّه است که اسم عامّ چرخاب مورد بحث است. همهٔ این شواهد و قرائن حاکی از آن است که آسیابهای دارای چرخاب قائم را که بیشتر برای ایجاد نیروی محرکه در صنایع به کار می‌رفت، مسلمانان به اسپانیای مسیحی وارد کردند. البته، درست است که چرخاب قائم را از زمان امپراتوری روم در فرانسه و ایتالیا می‌شناختند و به کار می‌بردند، ولی تنها برای آسیاب کردن غلات. بنابراین، به نظر می‌رسد که کاربردهای چرخاب قائم را باید منتسب به مسلمانان دانست که این تکنیک را ابتدا به اسپانیا منتقل کردند و بعد از آنجا به اروپا.

۲-۲-۷ انواع و ابعاد کاغذ

در دنیای اسلامی کاغذ را برای مصارف گوناگونی مانند تهیهٔ سندها و مدارک کتبی، انجام مکاتبات یا تهیهٔ کتاب و حتی به عنوان لفاف و پوشش به کار می‌بردند. بخش مهمی از تولیدات کارخانه‌های کاغذسازی مناطق شرقی و غربی جهان اسلام به خارج صادر می‌شد، و منابع اسلامی اطلاعات زیادی دربارهٔ انواع و درجات و ابعاد استاندارد کاغذهای تولیدشده به دست می‌دهند.

قلقشندی می‌گوید که کاغذ بغدادی کیفیتی مرغوب داشتهَ و برای تحریر اسناد و مدارک و عهدنامه‌های خلفا به کار می‌رفته است. کاغذ شامی (سوریه‌ای) دارای درجات مختلف بوده که بهترین آنها را برای مکتوبهای دوایر دولتی به‌کار

144) aceña

-می‌برده‌اند. نوع دیگری از کاغذهای سبک شامی را «کاغذ مرغی» می‌نامیدند و وجه تسمیه هم آن بود که کاغذ مذکور چنان نازک و سبک بود که از آن برای ارسال پیامها به وسیلهٔ کبوتران نامه‌بر استفاده می‌کردند. به‌واقع، این نوع کاغذ را می‌توان متناظر با کاغذهای مخصوص پست هوایی امروزین دانست. گونه‌های مختلف کاغذهای ساخت مصر نیز کم و بیش شبیه به کاغذهای شامی بود.

کاغذ را به رنگهای مختلف می‌ساختند. در بسیاری از دستنوشته‌های دوران اسلامی دستورالعملهایی برای ساختن کاغذ به رنگهای قرمز، سبز، آبی، صورتی، زرد، پیازی، و ارغوانی وجود دارد، و حتی دستورالعملهای وجود دارد که توضیح می‌دهند چگونه می‌توان کاری کرد که کاغذ کهنه و قدیمی جلوه کند.

۷-۳ چرم

بشر استفاده از پوست حیوانات را زودتر از نساجی یادگرفت و تبدیل پوست به چرم در طول تمام انواع تمدنها گسترش یافت. در قرن پنجم هجری (قرن یازدهم میلادی)، تکنیک چرم‌سازی به دست پیشه‌وران سرزمینهای اسلامی بهبود یافت و روشهای گوناگونی به وجود آمد. این تکنیکها به غرب انتقال یافت و تا قرن نوزدهم میلادی نیز تغییر عمده‌ای در آنها رخ نداد.

۷-۳-۱ تکنولوژی چرم‌سازی

در تکنیک چرم‌سازی سه مرحلهٔ عمده وجود دارد: تهیه و آماده‌سازی برای دباغی؛ خودِ فرایند دباغی؛ و سرانجام، پرداخت نهایی چرم دباغی‌شده. جزئیات هریک از این مراحل برحسب کیفیت پوست یا خز و نوع کالایی که با آن می‌سازند تفاوت می‌یابد.

ازگذشته‌های دور، بشر پی برده بود که نمک خاصیت حفظ کنندگی دارد و به همین دلیل برای جلوگیری از فساد پوست حیوانات آنها را نمک‌سود می‌کرد و در آفتاب می‌گذاشت تا خشک شوند. پس از این کار، رفته رفته یادگرفتند که پوست خشک‌شده را دباغی کنند و، برای این منظور، آن را در آب می‌خیساندند تا بقایای مدفوع حیوان و خاک و خل و مواد آلبومینی را از پوست جدا کنند. بعد،

پوست را در معرض آهک قرار می‌دادند تا بافتهای آن باز شود و موهای آن نرمی خود را بازیابد تا بتوان آنها را به وسیلهٔ کاردکهای مخصوصی پاک کرد. بقایای گوشتی را نیز به وسیلهٔ چاقوی تیزی که دارای دو دسته بود از پوست جدا می‌کردند. این عمل آخری، ممکن بود به نوعی آماده‌سازی موسوم به «باد کردن» نیاز داشته باشد. این عملیات کیفیتی کلی داشت و برحسب نوع پوست تغییراتی در آنها داده می‌شد.

پس از آماده‌سازی مقدماتی، مادهٔ اولیه نیاز به پردازشهای دیگری داشت تا سرانجام به چرم مبدل گردد. کوتاه سخن، تخته پوست نیاز به دباغی داشت تا تغییرات شیمیایی مطلوب در آن حاصل گردد و، ضمن حفظ ساختار الیافیش در برابر فساد طبیعی و نفوذ آب مقاوم شود. فرایند دباغی را می‌توان به سه بخش تقسیم کرد:

الف) روغنکاری یا «نرم‌سازی»؛

ب) «زاغ کردن» پوست به وسیلهٔ زاج یا دباغی معدنی؛

پ) دباغی گیاهی.

در سرزمینهای اسلامی این هر سه روش را یا به طور جداگانه یا به طور ترکیبی به کار می‌بردند.

روغنکاری پیشینه‌ای درازمدت داشت و به طور کلی عبارت بود از نرم کردن پوست به وسیلهٔ مواد چرب. بعدها، عمل نرم کردن چرم را به تقلید از نام فرانسوی نوعی بز کوهی chamoising [۱۴۵] نامیدند. با این‌حال، رابرت فوربز معتقد است که این نوع بز به آسانی به دست نمی‌آمد و چندان فراوان نبود و بنابراین ممکن است که اصطلاح مورد بحث از کلمهٔ عربی « شَحم » آمده باشد که به معنای «چربی» است.

پرداخت پوست به وسیلهٔ زاج سفید (سولفات آلومینیوم) در سرزمینهای اسلامی از اهمیت زیادی برخوردار بود. در دستنوشته‌های اسلامی دستورالعملهای گوناگونی برای به‌کار بردن زاج و نمک و همچنین برای افزودن

---

۱۴۵) مشتق از کلمهٔ فرانسوی chamois به معنای بز کوهی قهوه‌ای‌رنگ متمایل به زرد که پوست نرم‌شدهٔ آن را «جیر» می‌گویند. این نوع بز را در فارسی «شوکا» می‌نامند. - م.

مواد دیگری همچون جو، آرد و ماست وجود دارد. در بعضی از منابع عربی سخن از دباغی به وسیلهٔ زاج و سپس آغشتن چرم با روغن نیز به میان آمده است.

ولی، به رغم اهمیت فراوان دباغی معدنی، مهمترین روش دباغی استفاده از جوهر مازو [اسید تانیک] بود که منشأ گیاهی داشت. در بعضی از دفترچه‌های راهنما که برای محتسب نوشته شده بود می‌خوانیم که قَرَظ[۱۴۶] [برگ درخت سلم] که از یمن وارد می‌کردند، برای دباغی پوست بز به مازو رجحان داشته است، هرچند مواد گیاهی دیگری مانند سُماق هم برای این منظور به کار گرفته می‌شد.

پس از دباغی، نوبت به پرداخت نهایی چرم می‌رسید که نمای خارجی آن را بهبود می‌بخشید و خواص ویژهٔ آن را تثبیت می‌کرد. روشهای پرداخت نهایی بسیار متنوع بود و با نوع و کیفیت کالای نهایی، از جمله رنگ آن، تفاوت می‌یافت، به طوری که می‌توانستند فراورده‌های چرمی گوناگونی با رنگهای مختلف قرمز، قهوه‌ای، آبی، سبز زیتونی، زرد و سیاه تهیه کنند.



۷-۱۳ یک دباغ‌خانه در مراکش.

146) *Mimosa Nilotica*

یکی از مشهورترین فراورده‌های دباغان دورهٔ اسلامی چرم قرطبه (شهری در اسپانیا) بود که در سرتاسر اروپا خواستاران فراوانی داشت. ساخت آن در قرن هشتم هجری (قرن چهاردهم میلادی) با استفاده از پوست نوعی گوسفند که «شاخهایی همچون قوچ و پوستی شبیه به گوزن نر داشت» در اروپا شروع شد. این نوع گوسفند هم‌اکنون نیز در جزیره‌های کرس و ساردینا به حیات خود ادامه می‌دهد. در اسپانیای اسلامی، چرم‌سازان از روشهای مختلفی استفاده می‌کردند،و از جمله دباغی با سماق و زاغ کردن پوست با زاج. یک نوع بسیار مرغوب چرم اسپانیایی به رنگ سرخ براق را ظاهراً با استفاده از رنگ‌دانه‌های قرمز موجود در بدن حشرات تهیه می‌کردند.

چرم‌کاران قرطبه [کوردوبا، به زبان اسپانیایی] همه‌گونه فراورده‌های چرمی می‌ساختند، ولی کفشهای آنها بخصوص شهرتی فراوان داشت و به همین دلیل هم به صورت کفش‌سازانی کم‌نظیر درآمدند. تکنیکهای اساسی چرم‌سازی، شامل دباغی معدنی، دباغی با سماق، و یا ترکیبی از این دو روش، همراه با پرداختکاری با روغن، به مراکش مهاجرت کردند. از این دو مرکز عمده بود که بعدها اسرار حرفه‌ای چرم‌سازی به اروپا رخنه کرد و در سرتاسر آن قاره پخش شد اینکه در حال حاضر نیز نام دو نوع از چرمهای مرغوب اروپایی «قرطبه‌ای»[۱۴۷] و «مراکشی»[۱۴۸] است، یادآور انتقال این تکنولوژی به اروپاست که تا قرن نوزدهم نیز بی‌تغییر باقی ماند.

۲-۳-۷ فراورده‌های چرمی

صنعت چرم در چند کشور اسلامی به چنان درجه‌ای از مرغوبیت رسید که به صورت یکی از اقلام صادراتی مهم درآمد. یمن بخصوص یکی از مراکز عمده چرم‌سازی بود، همینطور طائف در حجاز، و البته قرطبه و مراکش. قاهره، هم به سبب تجارت چرم شهرت داشت و هم به سبب خود صنَعت چرم‌سازی. تجارت چرم در میانهٔ قرن هفتم هجری (قرن سیزدهم میلادی) چنان دامنه‌ای یافته بود که در شهر حلب، برای مثال، رقم مالیاتهای حاصل از دباغ‌خانه‌ها از کل

---

147) *cordovan* 148) morocco

مالیاتهای حاصل از دیگر صنایع تجاوز می‌کرد.

طیف فراورده‌های چرمی بسیار گسترده بود و شامل کالاهایی می‌شد از قبیل پوشاک، کفش، سندل، کفش راحتی، چکمه، پوتین، کیسه، محفظه‌های گوناگون، خیگ آب، آبدان، غربال، آلات موسیقی، و بسیاری اشیای دیگر. بیشتر پیشه‌ها و حرفه‌هایی که به ساختن چنین کالاهایی می‌پرداختند در فهرستهای مخصوص محتسب طبقه‌بندی شده بودند و ضوابط کنترل کیفیت در مورد آنها اعمال می‌شد. به عنوان مثال، در معالِم‌القُربَه (در باب تکالیف محتسب[۱۴۹]) دستورالعملهایی برای کنترل کیفیت انواع کفشها، و مختصات لازم برای کاربرد چرم مرغوب وارداتی از طائف ذکر شده است. در این تذکرات، نسبت به چرمهایی که به اندازهٔ کافی دباغی نشده‌اند یا در اثر جوهر مازوی زیاده از حد سوخته‌اند هشدار داده شده است، و حتی نوع و کیفیت لازم برای نخ و سوزنهای کفشدوزي را هم تصریح کرده‌اند. در برابر اعمال تقلب‌آمیز نیز هشدار داده شده، که یکی از آنها عبارت بوده است از تپاندن کهنه‌پاره در کفشهای زنانه.

۳-۳-۷ صحافی و جلد کتاب

برای بحث دربارهٔ این موضوع مواد و مصالح فراوانی در اختیار داریم، چه کتابخانه‌های مهم سرتاسر دنیا پر است از کتابهای دستنویس دورهٔ اسلامی با جلدهای چرمین که هریک از آنها به دلایل مختلف مورد بررسی و مطالعهٔ تاریخ‌نگاران هنر قرار گرفته است. علاوه بر این، دستنوشته‌های دیگری هم از همان دوران در اختیار داریم که به دقت تکنیکهای صحافی را شرح و بسط داده‌اند. از میان این نوع آثار می‌توان به صناعة تسفیرالکتب و حل‌الذهب (هنر صحافی و تذهیب‌کاری) اثر سفیانی، و کتاب عمدة‌الکتّاب (کتاب راهنمای منشیان) اثر ابن‌بادیس که پیشتر نیز به مناسبتهای مختلف اشارتهایی به آن داشته‌ایم. شرح

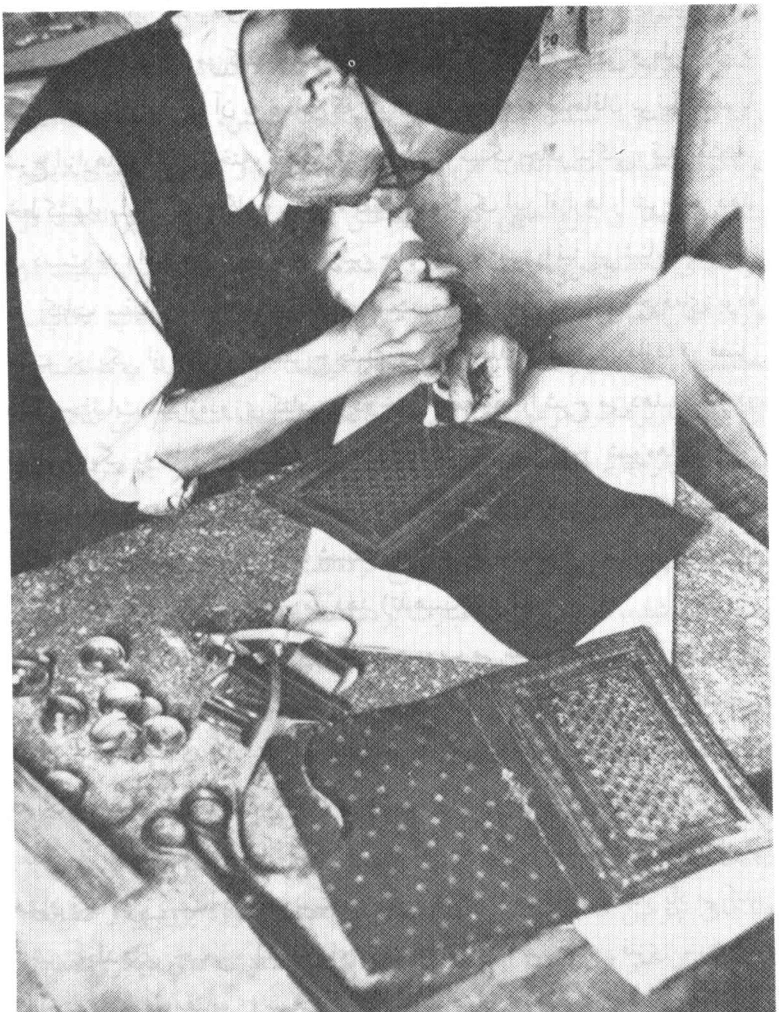
---

۱۴۹) معنای مستقیم عبارت عربی چیزی است مانند «نشانه‌های قربت» و گمان مترجم بر این است که در اینجا هم، مانند پاره‌ای موارد دیگر در همین کتاب، مؤلفان به سبب آشنایی با موضوع رساله یا کتاب مورد بحث، عنوان آن را «ترجمه به موضوع» کرده‌اند و نه حتی «ترجمه به مفهوم». - م.

و تفسیرهای این کتاب روشن و روان است، و در یکی از فصول آن ابن‌بادیس مطلب را چنین آغاز می‌کند: «فصل دوازدهم: در باب هنر صحافی و طرز کاربرد همهٔ آلات و افزارهای آن به نحوی که بتوان از مراجعه به صحافان بی‌نیاز شد. با شرح ابزارهایی چون تخته، سنگ، تیغ، درفش، سنگ چاقوتیزکنی، قید، مُشته، خط‌کشها، سوزنها و پرگار.» بعد، به تفصیل یکایک این افزارها را شرح می‌دهد و، دست‌آخر، افزارهای لازم برای تزئین جلدهای چرمی را نیز می‌شناساند.

کتاب سفیانی از این‌هم مفصل‌تر است. زیرا او خود صحاف حرفه‌ای بوده است. در یکی از فصول به تشریح پشت و روی جلد کتاب می‌پردازد، در فصل دیگر جزئیات شیرازه‌دوزی کتاب و دوختن صفحه‌ها را شرح می‌دهد، و باز در فصلی دیگر به طرز روکش کردن جلد با چرم می‌پردازد و شیوه‌های تزئین قسمت مرکزی روکش چرمی و حاشیه‌های آن را وصف می‌کند. بعد، یک فصل تمام را به طرز تهیهٔ محلول طلا، شستشوی آن، آغشتن آن به چسب و، سرانجام، به طرز نگارش با آن تخصیص می‌دهد (تذهیب‌کاری).

صحافی حرفه‌ای محترم و پروقار محسوب می‌شد و، مانند افزارسازی، در پاره‌ای از موارد خود اهل علم و تحقیق بدان می‌پرداختند. جغرافیاشناس مشهور، مقدسی، که آثار خود را در اواخر قرن چهارم هجری (قرن دهم میلادی) به نگارش درآورده، صحاف حرفه‌ای هم بود و با غرور تمام شرح می‌دهد که در بعضی از سفرهایش عملاً از حرفهٔ خود استفاده می‌کرده است. ابن‌ندیم نیز که در همان قرن می‌زیست، در الفهرست خود از تعدادی از صحافان نامدار یاد می‌کند. تزئین جلدهای چرمی با طرحهای زیبا به وسیلهٔ سنبه‌های فلزی ـ «خط انداختن» ـ به مقیاس وسیعی تحت تأثیر فنون صحافی دورهٔ اسلامی قرار گرفت (شکل ۱۴-۷). کاربرد سنبهٔ آهنی داغ و زرورق به احتمال زیاد از طریق اسپانیای اسلامی به اروپا راه یافته است. تکنیک تهیهٔ جلد زرکوب ظاهراً در ایران به مرحلهٔ تکامل رسید و از آنجا به ونیز و از ونیز به انگلستان راه یافت. این تکنیک را بعدها برای تزئین اشیای چرمی دیگر نیز به کار گرفتند.



۱۴-۷ یک صحاف در فاس (مراکش) در حال ابزارکاری روکش چرمی کتاب.

وراى نقش خاتمه [illegible] الفاروق [illegible] لانه جمع ما تقدم من الذكر [illegible] ادويته فيه [illegible] وان [illegible] امره وما جرى [illegible]
[illegible] الكلام الاول [illegible] من تلك الاسباب على غير تجربة وان [illegible] التجربة [illegible] وما كان [illegible] التجربة الاولى انه كان [illegible]
[illegible] بالموضع [illegible] وشرب [illegible] وكان [illegible] من [illegible] حتى انظر ما يعمل [illegible]
[illegible] فارتمت [illegible]



[illegible] فاكل [illegible] وقدموا الشراب [illegible] فادخل الطعام [illegible]
[illegible] رجل [illegible] الى الموت [illegible] اذا [illegible]
[illegible] من ذلك الشراب [illegible] فلما كان [illegible] وبقى [illegible] الى [illegible] ثم
سقط عنه الجلد الخارج [illegible] الداخل [illegible] الموت الطبيعي الذي
[illegible] وهو دليل على انه ينفع من الاوجاع الشديدة في الابدان الامراض [illegible]

۸ کشاورزی و تکنولوژی غذایی

۸-۱ انقلاب کشاورزی در جهان اسلام

پس از گسترش اسلام در سه قارهٔ مسکون، طی قرنهای اول و دوم هجری (هفتم و هشتم میلادی) انقلاب چشمگیری رخ داد. این انقلاب نخست در مناطق شرقی دنیای اسلامی به وقوع پیوست ولی در اواخر قرن پنجم هجری (قرن یازدهم میلادی) سرتاسر قلمرو اسلام را از اسپانیا و سیسیل تا ماوراءالنهر فراگرفت. دگرگونی مورد بحث پیامدهای دوربُردی داشت و به طرز ملموسی تولید کشاورزی، درآمدها، سطح جمعیت، رشد شهری، توزیع نیروی انسانی، صنایع، پوشاک، آشپزی و نوع تغذیه و بسیاری دیگر از حوزه‌های فعالیت اجتماعی را تحت تأثیر قرار داد.

۸-۱-۱ فراورده‌های جدید

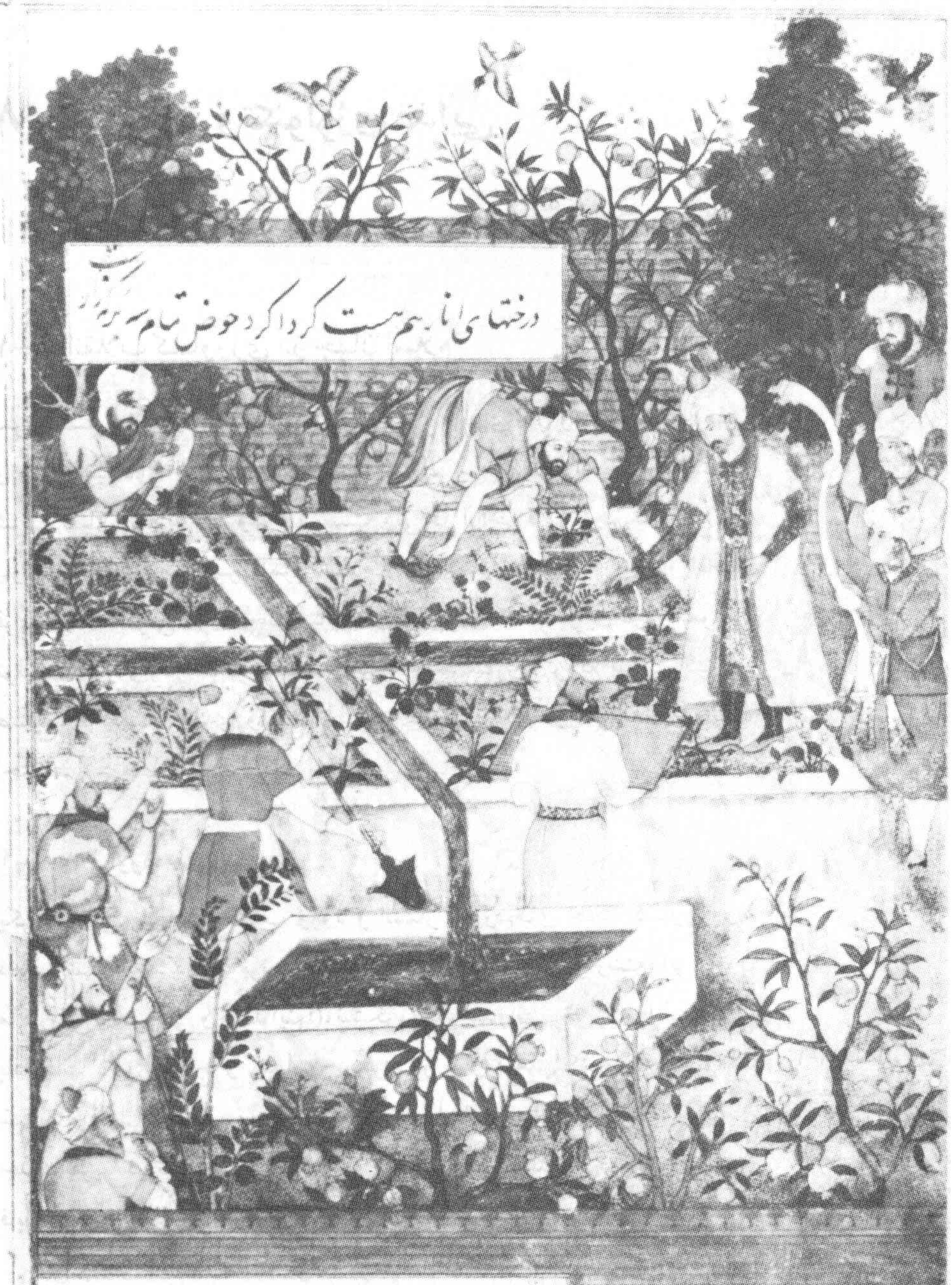
یکی از ویژگیهای این انقلاب ورود و انتشار فراورده‌های جدید کشاورزی به دنیای اسلام بود: ذرت، برنج، گندم سخت[۱۵۰] (برای خمیر رشته‌هایی چون ماکارونی و اسپاگتی و مانند اینها)، نیشکر، پنبه، هندوانه و خربزه و طالبی، انواع بادمجانها[۱۵۱]، اسفناج و بسیاری دیگری از فراورده‌های کشاورزی، میوه‌ها، سبزیها و گلها. انتشار این محصولات در دنیای اسلام بسیار گسترده بود، و گیاهان جدید تقریباً در تمام سرزمینها اسلامی به عمل می‌آمدند و تحولات اقتصادی قابل توجهی پدید می‌آوردند.

این رویداد واقعاً جالب توجه بود، خاصه آنکه انتشار و جا افتادن این

۸-۱ منظره‌ای از برداشت محصول در قرن‌دوازدهم‌میلادی (قرن ششم هجری). در مرکز ردیف بالایی، مردی با استفاده از داس گیاه را می‌برد؛ در سمت راست او دو نفر دیگر در حال بیل زدن زمین هستند. در ردیف زیرین، باد دادن و غربال کردن خوشه‌ها را در سمت چپ و خرمن‌کوبی به وسیلهٔ یک جفت گاو را در سمت راست نمایش داده‌اند. کتابخانهٔ ملی، پاریس.

150) *Triticum durum*

151) *Solanum melongena*


درختهای انار هم هست گرداگرد حوض تمام سبزه زار


خوب می نماید خیلی به خوبی طرح شده و در طرف جنوب
کوه سفید ننگنهار واقع شده در میان ننگنهار و بنگش وسط

فراورده‌ها در سرزمینهایی به آن وسعت و دامنه، به طور کلی در طول همان چهار قرن آغازین توسعهٔ اسلام صورت گرفت. گذشته از این، بسیاری از گیاههای جدید منشأ استوایی داشتند و کشت آنها در مناطق سردتر و خشک‌تر چندان آسان نبود، و به همین دلیل هم ورود آنها به چنین مناطقی تأثیرات انقلابی بر کل نظام کشاورز برجای می‌گذاشت. حقیقت این است که چنین تحول شگفت‌انگیزی تا دورهٔ رنسانس در غرب و دورهٔ پس از آن، یعنی تا هنگامی که قاره‌های کاملاً جدیدی کشف شد، سابقه نداشت.

۲-۱-۸ روشهای جدید کشت و کار

ورود گیاهان جدید به سرزمینهای اسلامی به تغییرات گوناگونی در روشهای کشت و کار منجر شد. در این سرزمینها، زمستان فصل سنتی رشد [گیاهان][۱۵۲] بود و در فصل تابستان زمینها به حالت آیش رها می‌شد. ولی با ورود گیاهان و رستنیهای جدید عملاً فصل تازه‌ای برای کشاورزی گشوده شد، زیرا بسیاری از این گیاهان برای رشد و نمو طبیعی خود به آب و هوای گرم نیاز داشتند. بدین ترتیب، برنج، پنبه، نیشکر، بادمجان، انواع هندوانه‌ها و خربزه‌ها، گندم و ذرت، همه به صورت محصولات تابستانی سرزمینهای اسلامی درآمدند، گو اینکه برنج و گندم در بعضی از مناطق بسیار گرم در زمستان هم به عمل می‌آمدند. با ورود محصولات کشاورزی تابستانی [صیفی‌جات] آهنگ و قواعد سنتی سال کشاورزی بکلی برهم خورد و بسیاری از زمینهایی که در گذشته به حالت بایر رها شده بودند زیر کشت رفت و بازده فعالیتهای کشاورزی نیز در مجموع افزایش یافت.

با مطرح شدن فصل کشاورزی تابستانی، گردش کشت و کار و محصولات نیز مرسوم شد و بهره‌برداری از زمینها شدت بیشتری به خود گرفت. در نظامهای

۲-۸ (پشت صفحه) یکی از امیران بابری (مغول) در حال سرپرستی کشت و کار در یک باغ درختهای میوه و گل در کابل. تصویر از یک دستنوشتهٔ قرن ۱۶ میلادی (قرن دهم هجری). موزهٔ ویکتوریا و آلبرت، لندن.

---

۱۵۲) مؤلفان کتاب، با آنکه از «سرزمینهای اسلامی» سخن می‌گویند، ولی در بسیاری از موارد تنها سرزمینهای «عربی» به ویژه در عربستان و شمال افریقا و سوریه را در مدّ نظر دارند. به همین دلیل، در اینجا نیز به طور اعم فصل زمستان را فصل سنتی کشاورزی دانسته‌اند، حال آنکه در سرزمینهای مرکزی و شمالی و شمال غرب فلات ایران و ماوراءالنهر چنین نبوده و نیست. - م.

کشاورزی رومی و بیزانسی، رسم بر این بود که هر دو سال یک بار از زمین محصول برمی‌داشتند، ولی پس از انقلاب کشاورزی اسلامی، گردش تولیدات کشاورزی این امکان را فراهم آورد که در هر بیست و چهار ماه، به جای یک بار، چهار بار از زمین محصول بردارند.

۸-۱-۳ کود

تعدد دوره‌های بهره‌برداری از زمینها طبعاً باروری آنها را کاهش می‌داد. برای مبارزه با این امر و بهبود بخشیدن به کیفیت بعضی زمینهای دیگر، در جزوه‌ها و دستورالعملهای گوناگونی به کشاورزان توصیه می‌شد که از انواع کودهای حیوانی ـ که هریک از آنها مورد استعمال معینی داشت ـ استفاده کنند، ولی از کودهای غیرحیوانی، مانند خاکسترهای گیاهی و خاکهای آهکی نیز سخن به میان آمده است.

۸-۱-۴ روشهای جدید شخم زدن

روشهای جدید شخم زدن، برگرداندن خاک، وجین کردن، کلوخ‌شکنی و تسطیح زمین ضرورتی اجتناب‌ناپذیر یافت. مقریزی (اوایل قرن نهم هجری/ پانزدهم میلادی) خاطرنشان‌می‌سازد که در مصر پیش ازکشت‌نیشکر دست‌کم می‌بایست شش بار زمین را باگاوآهنهای سنگین شخم می‌زدند، و ابن‌بَصّل توصیه می‌کرد که قبل ازکاشتن تخم پنبه، زمین را ده بار شخم بزنند و کود بدهند (شکل ۳-۸).

۸-۱-۵ انقلاب در آبیاری

محصولات جدید و گردش فصلی کشت در زمینهای موجود مستلزم آبیاری بیشتری بود، بخصوص از زمانی که کشت تابستانی نیز با محصولاتی چون برنج و نیشکر و پنبه وسعت گرفت. پیش از ظهور اسلام، سیستمهای آبیاری قدیمی اغلب به انحطاط افتاده بودند و سطح کشتهای آبی روز به روز کمتر و کمتر می‌شد. در هر حال، روشهای آبیاری پیش از دورهٔ اسلامی پاسخگوی نیازهای انقلاب کشاورزی جدید نبود. یکی از ویژگیهای این انقلاب دگرگونی گسترده‌ای بود که در کل نظام کشاورزی به وجود آورده بود. در نتیجهٔ همین تحرک



۸-۳ تصویری از شخم زدن زمین، از یک دستنوشتهٔ قرن شانزدهم میلادی/ قرن دهم هجری. کتابخانهٔ بریتانیا، لندن.

گسترده، بسیاری از شبکه‌های آبیاری سنتی مرمت شدند و توسعه یافتند و شبکه‌های تازه‌ای نیز به وجود آمد. تکنولوژی دستگاههای آبکشی از رودها و شهرها و همچنین روشهای آب‌انبارسازی، جابه‌جایی و توزیع آب بهبود و توسعه یافت. تکنیکهایی برای کشف چشمه‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی و استخراج آنها ابداع شد (قناتها) که در فصل سوم بدانها اشاره کردیم. گفته‌اند که «پیشرفتهای حاصل در آبیاری چنان گسترده بود که بدون اغراق می‌توان گفت در قرن یازدهم میلادی (قرن پنجم هجری) به ندرت رودخانه، نهر، واحه یا چشمه‌ای پیدا می‌شد که مورد بهره‌برداری قرار نگرفته باشد.»

۸-۱-۶ بهره‌برداری گسترده از زمینهای کشاورزی

انقلاب کشاورزی منحصر به زمینهای حاصلخیز و کشت آبی نبود، چون عملاً در تمام انواع خاکها و زمینهای کشاورزی بهره‌برداری عمقی شدت گرفته بود. دفترچه‌ها و کتابهای راهنمای فراوانی به زبان عربی وجود دارد که در آنها نه فقط نوع خاکها بلکه میزان رطوبت و حرارت آنها هم تعیین شده و، بنابراین، کشاورزان می‌توانستند تولید بالقوهٔ زمینهای خود را بهتر و دقیقتر برآورد کنند. از نوشته‌های اسلامی چنین برمی‌آید که از همهٔ زمینها ـ حتی زمینهایی که پیشتر به حالت بایر رها شده بود ـ با حداکثر ظرفیت بهره‌برداری می‌شد. بنابراین،

محصولات جدید، و آشنایی تخصصی تازه با تکنیک گردش فصلی یا سالانهٔ کشتها، به کشاورزان سرزمینهای اسلامی امکان داده بود که کشت و کار حاشیه‌ای را تا نزدیک زمینهای بیابانی گسترش دهند - منظور زمینهایی است که قبلاً حداکثر به عنوان چراگاه از آنها استفاده می‌کردند.

۸-۱-۷ کتابهای کشاورزی (کتب‌الفلاحه)

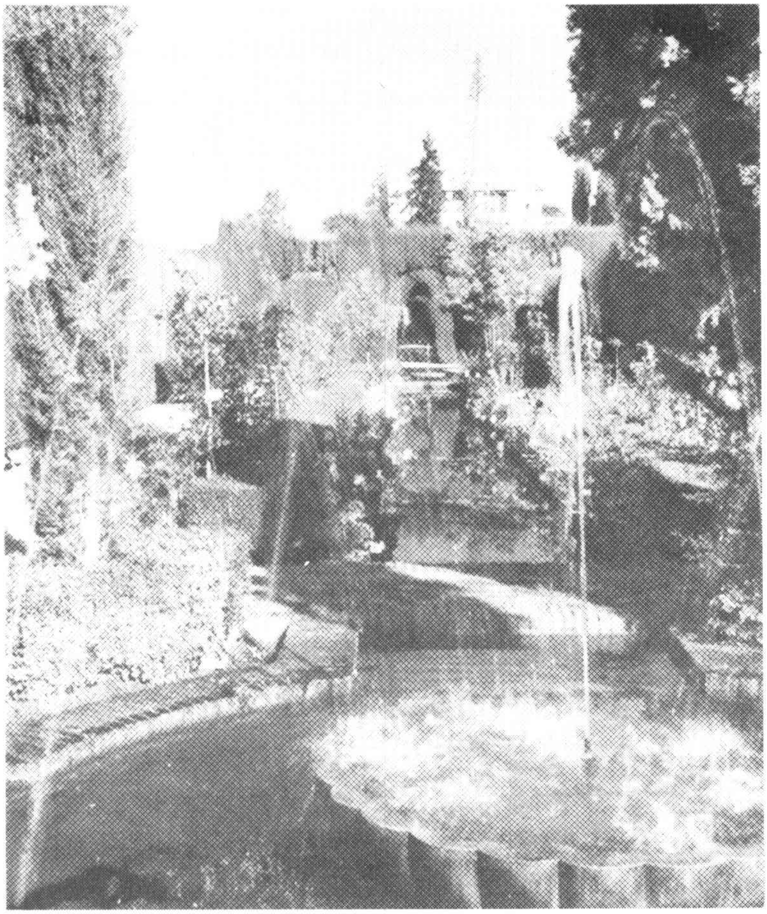
این تحرک و فعالیت اقتصادی چنان ملموس و چشمگیر بود که دانشمندان و محققان اسلامی را به پایه‌گذاری و توسعهٔ دانش کشاورزی (علم‌الفلاحه) سوق داد. کتابها و رساله‌های مهمی در زمینهٔ کشاورزی به نگارش درآمد که از آن‌جمله می‌توان به کتاب الفلاحة النباتیه (کتاب کشت و کار گیاهان) اثر ابن‌وحشیه اشاره کرد. هدف این کتاب حفظ سنتهای کشاورزی بین‌النهرین بود. در طول قرنهای یازدهم و دوازدهم میلادی/ پنجم و ششم هجری، در اسپانیای اسلامی کتابهای مهمی در زمینهٔ کشاورزی نوشته شد که در میان آنها می‌توان از کارهای ابن‌حصل، ابن‌عوّان، و چند مؤلف دیگر یاد کرد. بعضی از این کتابها به زبانهای اسپانیایی و لاتینی ترجمه شد و، بنابراین، به صورت منبع الهام نویسندگانی درآمد که بعدها در غرب به نگارش مسائل کشاورزی پرداختند.

در طول قرن پنجم هجری (قرن یازدهم میلادی)، متخصصان کشاورزی در اسپانیای اسلامی بخشی از تحقیقات و آزمایشهای خود را در باغهای سلطنتی ویژهٔ بستانکاری در تولیدو (طلیطله) و سویلیا (اشبیلیه) انجام می‌دادند. این‌گونه باغها در نوع خود بی‌سابقه بودند و مشابه آنها در غرب به وجود نیامد مگر در قرن شانزدهم میلادی که باغهایی از این دست برای نخستین بار در کوی‌های دانشگاهی در شمال ایتالیا ساخته شد (شکل ۸-۴).

۸-۲ تجهیزات کشاورزی

۸-۲-۱ خیش

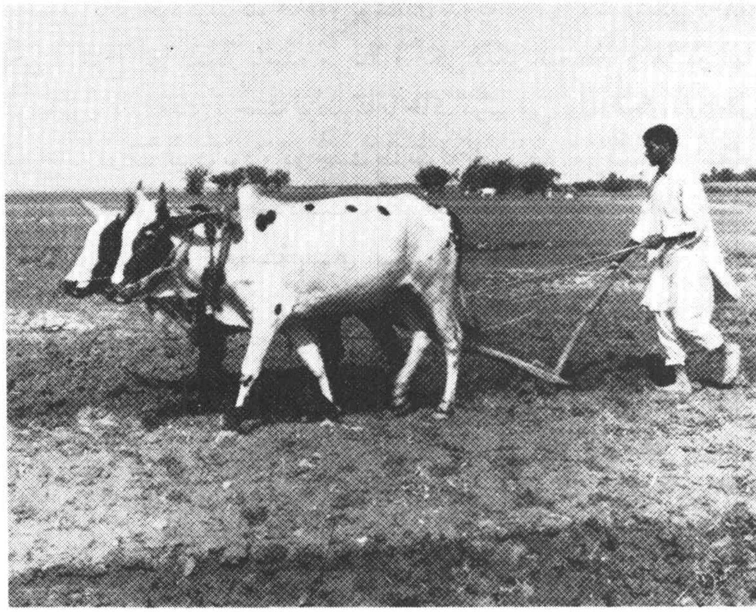
در طی چند قرن، با شناخت نسبتاً دقیق آب و هوا و خاکهای مدیترانه‌ای، تکنیکهای ویژه‌ای برای شخم، کاشت، داشت، و برداشت محصولات کشاورزی



۸-۴ باغ مغربی در گرانادا (غرناطه)، اسپانیا، با حوضها و فواره‌های زیبا و خوش‌نما در میان درختها و بوته‌های سرسبز و گلهای رنگارنگ.

این‌گونه مناطق به دست آمده بود که از میان آنها می‌توان به روش شخم مخصوص اراضی مدیترانه‌ای اشاره کرد. خیش ویژه‌ای که در آنجا ابداع شده بود خاک را فقط تا عمق کمی زیر و رو می‌کرد و این تکنیک از هرجهت با نوع خاک و آب و هوا و رطوبت آن منطقه سازگاری داشت. به همین دلیل، تکنیک یادشده در خاور نزدیک و تمام کشورهای مدیترانه‌ای، اعم از اسلامی و اروپایی، به کار گرفته شد و تا عصر جدید نیز ادامه یافت (شکل ۵-۸).

مقریزی، تاریخ‌نگار، گزارش کرده است که برای کشت نیشکر در مصر از خیشهای سنگین‌تری استفاده می‌کردند. همچنین گزارشهایی در دست است که نشان می‌دهد در ایران، برحسب نوع زمینهای زیرکشت، خیشهای گوناگون به کار



۸-۵ گاوآهن مدیترانه‌ای برای شخم کم‌عمق در پاکستان.

می‌بردند. ولی به طور کلی، نوع خاک بیشتر سرزمینهای اسلامی چنان بود که به خیشهای سنگین احتیاج نداشتند. هنگامی که تراکتور به خاورمیانه راه یافت، ابتدا سعی کردند از خیشهای مجهز به خاك‌برگردان سنگین استفاده کنند ولی در مناطقی که همواره از روش شخم مدیترانه‌ای استفاده کرده‌اند، نتیجهٔ امر مأیوس‌کننده از کار درآمد. به همین دلیل، تجهیزات شخم‌زنی جدید که به وسیلهٔ تراکتور کشیده می‌شود، هنوزهم یا از خیشهای مدیترانه‌ای چندتیغه‌ای استفاده می‌کنند یا از دیسک. این تجهیزات جدید نیز مؤید آن است که دهقانان دورهٔ اسلامی همواره از کارآمدترین روشهای ممکن شخم‌زنی استفاده می‌کرده‌اند.

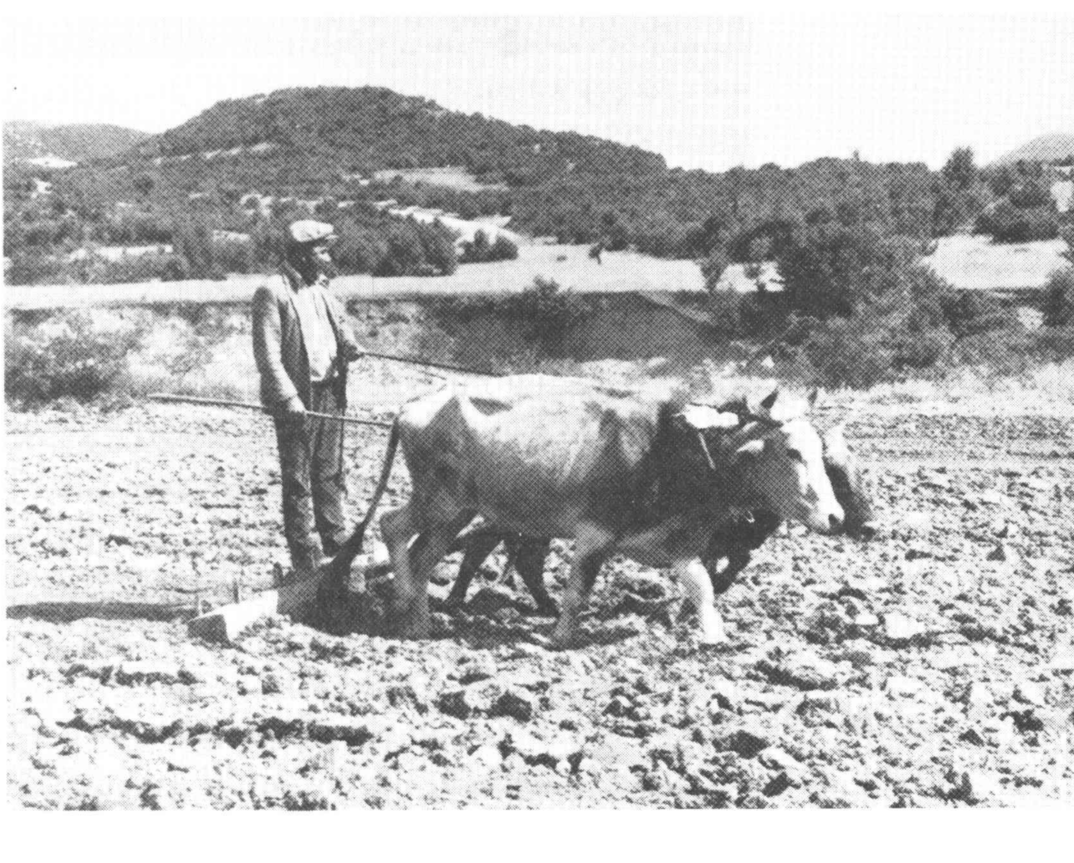
در دستنوشته‌های دورهٔ اسلامی به طیف وسیعی از اصطلاحات مربوط به همهٔ اجزای خیشها و جزئیات عملیات شخم‌زنی برمی‌خوریم که آشکارا نشان می‌دهند تکنیکهای عملیاتی کشاورزان آن زمان بر اساس آزمایشهای گسترده و متنوعی شکل گرفته بود.

۸-۲-۲ کلوخ‌شکنها و شن‌کشها

کلوخ‌شکنها وسایلی بودند که به وسیلهٔ حیوانات کشیده می‌شدند و پس از

شخم‌زنی برای خردکردن کلوخه‌ها و پوشاندن بذر به کار می‌رفتند (شکل ۶-۸). یکی از انواع آنها المِجار نامیده می‌شد و یکی دیگر المصلفه، و هر دو آنها تیرکهایی با دندانه‌های برجسته بودند که با خاک درگیر می‌شدند. مجار، دارای دو سوراخ در دو سر تیرک بود و دو جفت طناب به آنها متصل می‌شد، و در سطح فوقانی تیرک دو سوراخ وجود داشت که یک میلهٔ آهنی خمیده در آنها تعبیه شده بود. در وسط تیرکِ نیز دستهٔ بلندی نصب شده بود که کارگر آن را به دست می‌گرفت. این دستگاه را به دو گاو می‌بستند و می‌کشیدند. این نوع کلوخ‌شکن هنوزهم در بعضی از سرزمینهای اسلامی یافت می‌شود.

نوع دیگری کلوخ‌شکن المالق بود که آن را به صورت «صفحهٔ چوبی عریضی توصیف کرده‌اند که به وسیلهٔ گاو کشیده می‌شود. روی این صفحهٔ چوبی اجسام سنگین می‌گذاشتند تا کلوخه‌های حاصل از تیغهٔ خیش خرد و تسطیح شود و



۶-۸ یک کلوخ‌شکن میخ‌دار ساده در ترکیه.

بذر با بپوشاند.» این نوع کلوخ‌شکن را هنوزهم می‌توان یافت.

همچنین شن‌کشهای چوبی هم بود که جزو تجهیزات دستی به شمار می‌رفت. نوعی از آنها را المُشت می‌نامیدند و برای شانه زدن زمین و پوشاندن بذر از آن استفاده می‌کردند: «این آلت، به شکل نوعی میلهٔ عرضی دندانه‌دار بود که دستهٔ بلندی به وسط آن نصب می‌شد.»

۸-۲-۳ تجهیزات خاکبرداری و کشت

وسیله‌ها و افزارهای دیگری نیز برای کندن زمین و خاکبرداری در محلهایی مانند باغهای میوه و بستانها به کار می‌رفت. بیل باغبانی به شکلهای گوناگونی ساخته می‌شد (شکل ۷-۸)، و از بیلهای پهن و خاک‌اندازمانند نیز برای برداشتن و جابه‌جا کردن خاکهای بعد از حفاری استفاده می‌کردند.

۸-۲-۴ دروکاری

مهمترین افزار دروکاری داس خمیده بود که در طرف دسته به سمت عقب خم برمی‌داشت و با قوس بزرگی به‌طرف‌جلو می‌آمد (شکل ۱-۸). این طرح موجب می‌شد که ساقه‌های گیاهان با وارد آوردن فشار کمتری به مچ دست از ته بریده شود. عمل درو کردن به حالت چمباتمه یا نیمه‌نشسته انجام می‌گرفت. بعد ساقه‌های بریده‌شده را دسته‌دسته به‌هم‌می‌بستند و به‌محل خرمن‌کوبی می‌بردند.

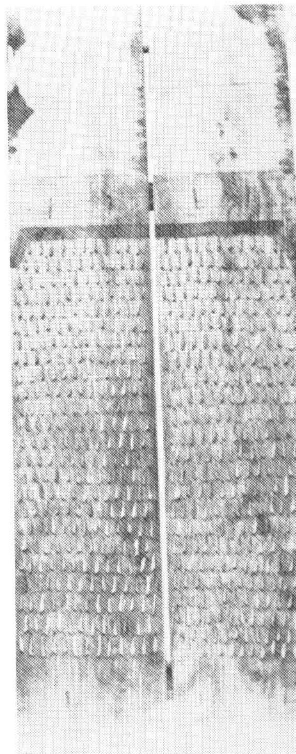


۸-۷ طرح یک بیل باغبانی از یک دستنوشتهٔ ایرانی قرن هشتم هجری/ قرن چهاردهم میلادی. کتابخانهٔ دانشگاه ادینبرو.

۸-۲-۵ خرمن‌کوبی و باد دادن غلّه

خرمن‌کوبی به طور معمول در قطعه زمینهای مخصوصی، نزدیک دهکده‌ها، انجام می‌گرفت. بافه‌های گندم را پس زا انتقال از کشتزار در توده‌های مدوری روی زمین می‌چیدند، و سه روش عمده برای خرمن‌کوبی وجود داشت.

یکی از روشهای خرمن‌کوبی عبارت بود از لگدمال کردن بافه‌ها به وسیلهٔ گاوها، ولی این معمولاً نخستین مرحلهٔ کار بود و بدین‌وسیله فقط ساقه‌ها را درهم می‌شکستند و توده‌های بافه را می‌کوبیدند و صاف می‌کردند. در روش دوم، صفحهٔ چوبی یا «لوح» سنگینی را به کار می‌گرفتند که به طور معمول زیر آن را با ردیفهایی پیوسته از گل‌میخهای ناهموار می‌پوشاندند و لبهٔ پیشین آن اندکی رو به بالا تاب برمی‌داشت (شکل ۸-۸ (الف) و (ب)). این صفحه را به نیروی حیوانات روی خرمن گسترده می‌کشیدند. این‌وسیله از کارآیی مطلوبی برخوردار بود و هنوزهم در بعضی از روستاهای مدیترانه‌ای از آن استفاده می‌کنند. سومین تکنیک عبارت بود از دو تیر کلفت سُرسُره‌ای که به وسیلهٔ دو تیرچه عرضی به یکدیگر مهار می‌شدند. بین این دو تیر سرسره‌ای، دو محور جدا ازهم وجود داشت که هریک از آنها دارای چند دیسک چرخان و دندانه‌دار بود. این دستگاه سورتمه‌مانند را به نیروی حیوانات به حرکت درمی‌آوردند و یک سورچی با نشستن روی نیمکتی که بر سطح فوقانی دستگاه تعبیه کرده بودند، جهت حرکت را کنترل می‌کرد (شکلهای ۹-۸ و ۱-۸). این نوع سورتمه خرمن‌کوبی هنوزهم در بعضی از روستاهای سوریه، ایران و دیگر کشورهای اسلامی به کار می‌رود.



۸-۸ (الف) سطح زیرین یک تخته خرمن‌کوبی قبرسی که با گل‌میخهای ناهموار پوشیده شده است. موزهٔ علوم لندن.

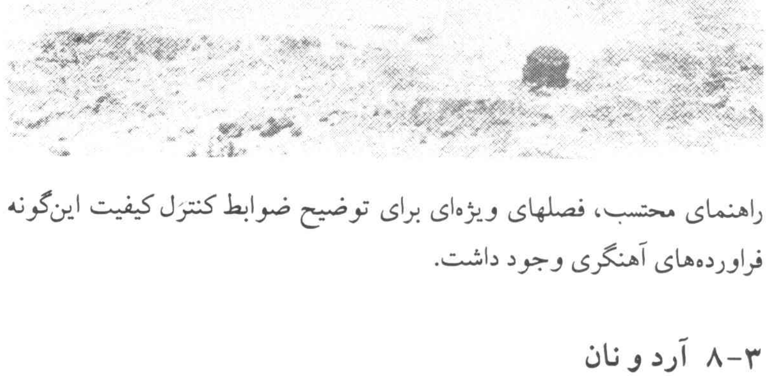
باد دادن عبارت بود از فرایندی که به موجب آن کاه را پس از خرمن‌کوبی از دانه جدا می‌کردند، هنگامی که باد ملایمی می‌وزید، کشاورز به وسیلهٔ نوعی چنگال چوبی بافه‌های کوبیده‌شده را در فضا رها می‌کردند. باد کاه آنها را می‌برد و دانه‌ها به زمین می‌ریخت (شکل ۱-۸).

۸-۲-۶ کنترل کیفیت افزارها و تجهیزات

برای ساختن تیغه‌های خیش، بیلها، داسها، و دیگر افزارها و لوازم کشاورزی، در سرزمینهای اسلامی همواره از فولاد استفاده می‌کردند. در دفترچه‌های



۸-۸ (ب) یک تختهٔ خرمن‌کوبی که با اسب کشیده می‌شود در ترکیه.

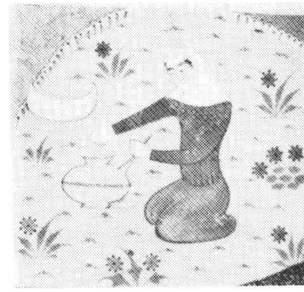


۸-۹ سورتمهٔ خرمن‌کوبی در مصر، اوایل قرن بیستم میلادی.

راهنمای محتسب، فصلهای ویژه‌ای برای توضیح ضوابط کنترل کیفیت این‌گونه فراورده‌های آهنگری وجود داشت.

۳-۸ آرد و نان

یکی از ویژگیهای عمدهٔ کشاورزی اسلامی، جایگاه برتر گندم بود که هم مادهٔ



۸-۱۰ زنی در حال تهیهٔ آرد گندم با دستاس. قرن شانزدهم میلادی/ قرن دهم هجری. کتابخانهٔ بریتانیا، لندن.

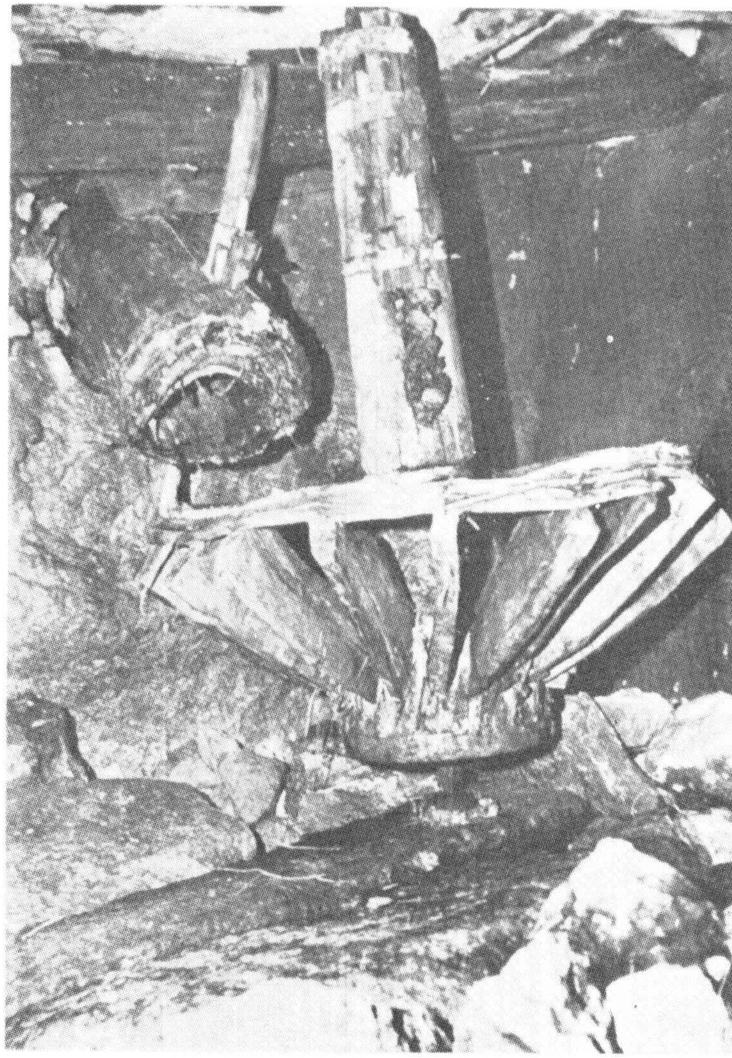
غذایی اصلی و هم نوعی غذای همگانی محسوب می‌شد. در اروپای شمالی در سرتاسر قرون وسطی، حتی مطبقات بالای اجتماع هم با نان برنجی تغذیه می‌شدند و فقط در اواخر این دوران بود که شروع کردند به خوردن نان گندم.

با آنکه منابعَ و مآخذ اسلامی مربوط به مالیاتها (خراج) و درآمدها مملو از اطلاعاتی است که گسترهٔ رشد گندم را به خوبی می‌نمایاند، این نکته نیز مسلم است که بعضی از مناطق مانند بین‌النهرین علیا (جزیره) و بخشهایی از سوریه و مصر عملاً به صورت انبارهای غله‌ای درآمده بودند که نیازهای غذایی کشورهای همجوار خود را نیز تأمین می‌کردند.

در بسیاری از روستاها و میان چادرنشینان دستاس یا آسیابهای دستی فراوان بود و برای تهیهٔ آرد از آنها استفاده می‌کردند (شکل ۱۰-۸). سنگهای سایندهٔ این آسیابها ۴۵ تا ۵۰ سانتی‌متر قطر داشت و سنگ زیرین ثابت بود. در وسط سنگ متحرک سوراخی وجود داشت که دانه‌های گندم را از آنجا می‌ریختند، و در لبهٔ خارجی همین سنگ دسته‌ای چوبی تعبیه شده بود که به وسیلهٔ آن سنگ را می‌چرخاندند. در حوالی قرن چهارم هجری (قرن دهم میلادی) این نوع آسیابهای دستی حتی در روستاها به میزان زیادی منسوخ شد. با پدید آمدن شهرهای‌بزرگ‌اسلامی و بهبود استانداردهای زندگی اجتماعی، صنعت آردسازی شکوفا شد و با چنان سرعتی گسترش یافت که، چه در روستاها و چه در نزدیکی شهرها، آسیاهای آبی فراوانی برپا شد. حتی آسیابهای شناور و موجکار نیز به وجود آمد، و در خبر آمده است که تنها یکی از آسیابهای بزرگ بغداد دارای صد جفت سنگ بود تولید سالانهٔ آن به ۱۰۰ میلیون درهم (۳۰,۰۰۰ تن) می‌رسید. آسیاهای بادی نیز در نقاط بادخیز، مانند سیستان، فراوان بود و آسیاهایی هم وجود داشت که به نیروی حیوانات به گردش درمی‌آمد.

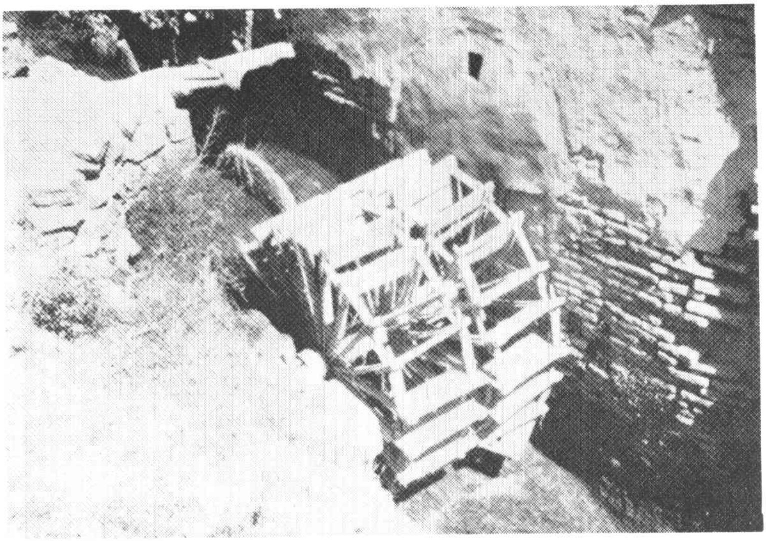
بسیاری از آسیابها هنوزهم در کشورهای اسلامی به کار مشغولند. برای مثال، در سوریه هنوزهم می‌توان آسیابهایی را مشاهده کرد که با چرخاب افقی کار می‌کنند (شکل ۱۱-۸). آسیاب با چرخاب عمودی (از نوع ویتروویوسی) هم فراوان بود (شکل ۱۲-۸)، و تا همین زمانهای اخیر آسیاهای بادی نیز در خراسان کار می‌کردند (شکل ۱۳-۸).

ولی، طرز کار آسیاها، اعم از دستی و بادی و آبی، به طور کلی یکسان بود.

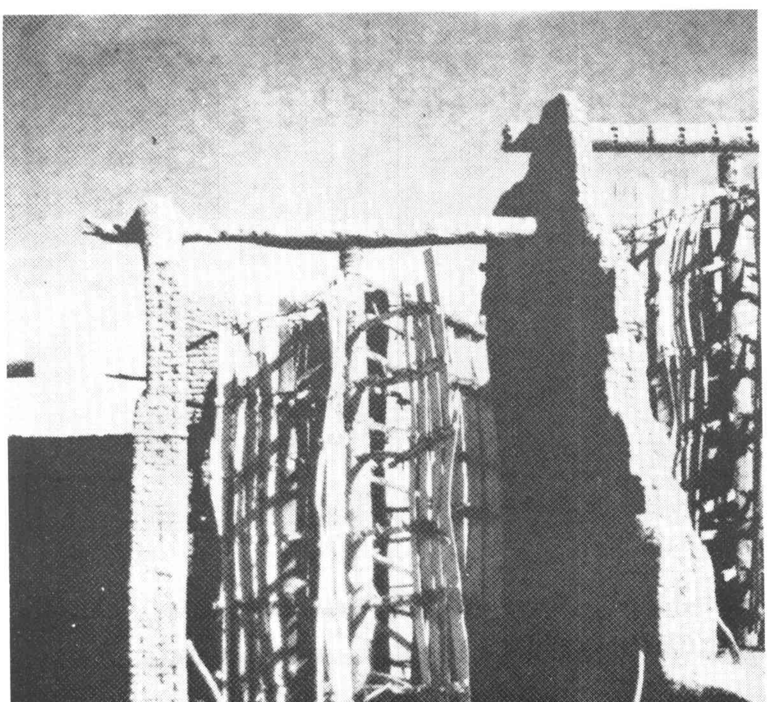


۱۱-۸ چرخاب افقی متعلق به یکی از آسیابهای بند امیر، فارس، ایران.

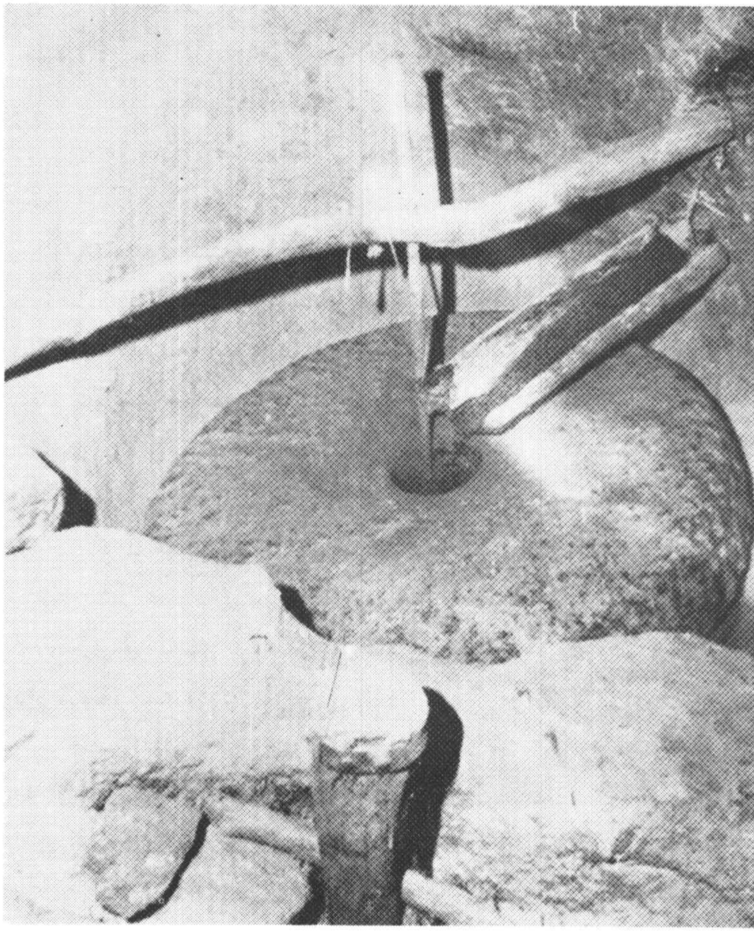
عمل سایندگی به وسیلهٔ سنگ مدور گردنده‌ای که روی یک سنگ مدور ثابت و بی‌حرکت می‌چرخید انجام می‌گرفت. سنگهای آسیا را باسنگهای ماسه‌ای محکم و فشرده‌ای می‌ساختند و بعضی از معادن‌سنگ از این‌نظر شهرت داشتند. معادنی از این نوع در آمِد، واقع در اراضی شمال دجله و یکی دیگر نیز در خُلّر وجود داشت که این آخری سنگ مورد نیاز آسیابهای ایران را تا همین اواخر تأمین می‌کرد.



۸-۱۲ نوعی چرخاب ویترو-ویوسی، نزدیک اصفهان، ایران.



۸-۱۳ آسیای‌افقی، در خراسان، ایران.



۱۴-۸ (الف) سنگ زیرین یک آسیاب در بند امیر، ایران.



۱۴-۸ (ب) آماده‌سازی سطح یک سنگ آسیاب. قرن دهم هجری/ شانزدهم میلادی. کتابخانهٔ بریتانیا، لندن.

تکنیکهای آسیاب کردن در دنیای اسلامی به چنان درجه‌ای از کمال رسیده بود که همه نوع آرد، از آرد لطیف سُرمه‌مانند گرفته تا برغول (بلغور) تهیه می‌کردند.[۱۵۳] به همین ترتیب، اصطلاحات فنی دقیقی نیز هم برای تمام اجزای آسیاب و هم برای انواع فراورده‌های آن وجود داشت.

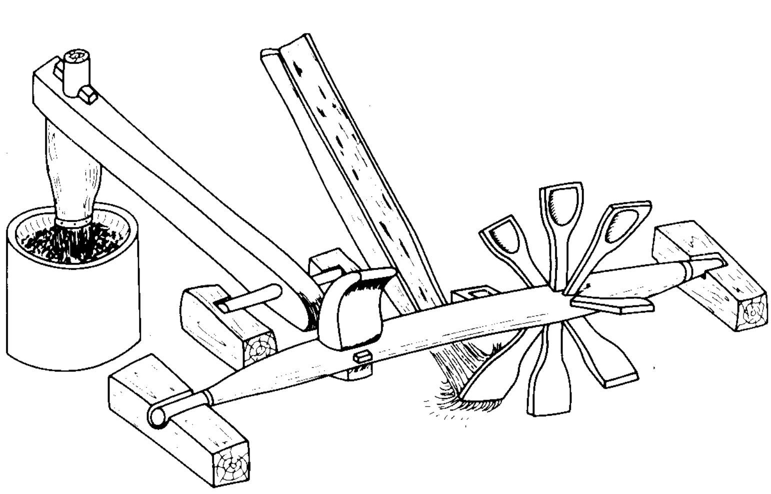
برنج، پس از گندم، مهمترین فراوردهٔ غذایی بود که هم به صورت نان برنج

۱۵۳) برغول، گندم نیمه‌کوفته، که با تحریف در تلفظ امروزه به صورت «بلغور» ادا می‌شود. مثال از حکاک: آسیای صبوری‌ام که مرا هم به برغول و هم به سرمه کنند.
به نقل از: فرهنگ عمید - م.

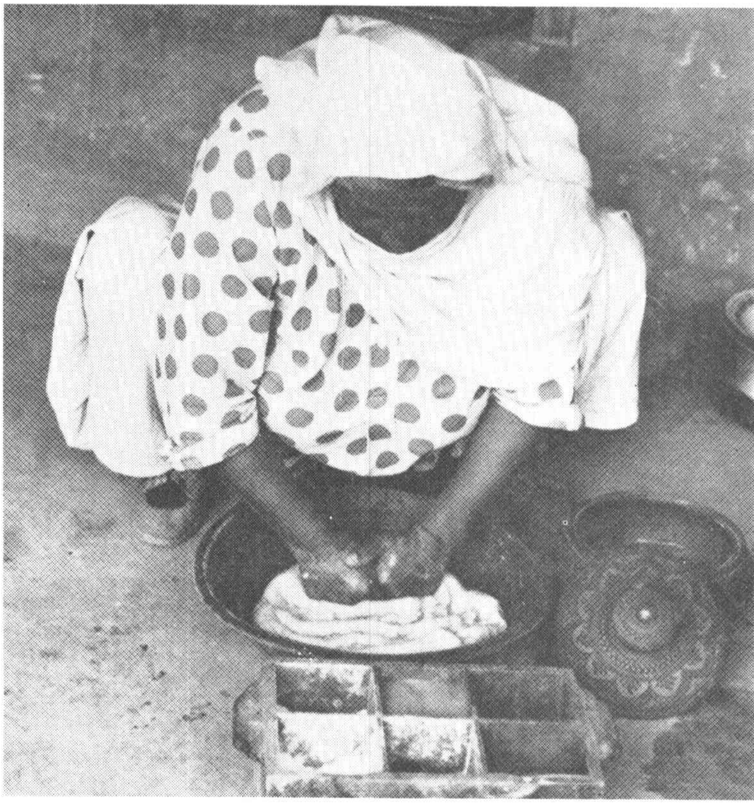
و هم به صورت مادهٔ اولیه برای غذاهای دیگر به مصرف می‌رسید. برنج یکی از محصولاتی بود که در جریان انقلاب کشاورزی اسلامی توسعه یافت و بخصوص در شرایطی که نان گندم گران تمام می‌شد، جای آن را می‌گرفت. نان برنج در واقع حَلال بعضی مشکلات اقتصادی بود که به علل مختلف در مناطق مختلف پدید می‌آمد.

پوست کندن شلتوک به طور کلی به وسیلهٔ دَنگ، یا کوبه‌هایی انجام می‌گرفت که با زاویهٔ قائمه به انتهای محور بلندی وصل شده بود که انتهای دیگر آن را می‌توانستند به نیروی پا، یا بازو، در حول تکیه‌گاهی مرکزی بالا و پایین ببرند. آسیابهای مخصوص شالیکوبی از همین تکنیک که در اصل نوعی کوبهٔ ضامن‌دار بود و به نیروی آب به حرکت درمی‌آمد، مایه می‌گرفت. تکنیک شالیکوبی به وسیلهٔ دنگ دستی و همچنین شالیکوبی مکانیکی، هر دو به موازات تکنیک‌های کشت برنج به سرزمینهای غربی دنیای اسلام راه یافتند، و چنانکه پیشتر هم یادآور شدیم همین نوع کوبه‌ها ضامن‌دار مکانیکی در صنعت کاغذسازی نیز به کار می‌رفت. شالیکوبی مکانیکی به نیروی آب هنوزهم در ایران مرسوم است (شکل ۱۵-۸).

بر اساس نوشته‌های عربی، در سرزمینهای اسلامی چند نوع نان پخته می‌شد و از آن میان، نام حداقل دوازده نوع آن به ما رسیده است (شکل ۱۲-۸). بیشتر نانهای رایج تخت و یکدست بودند و با آرد گندم ساخته می‌شدند. ساده‌ترین



۱۵-۸ دَنگ - کوبهٔ ضامن‌دار - برای کوبیدن شلتوک و دیگر دانه‌های غذایی. این کوبه با نیروی آب به حرکت درمی‌آید.

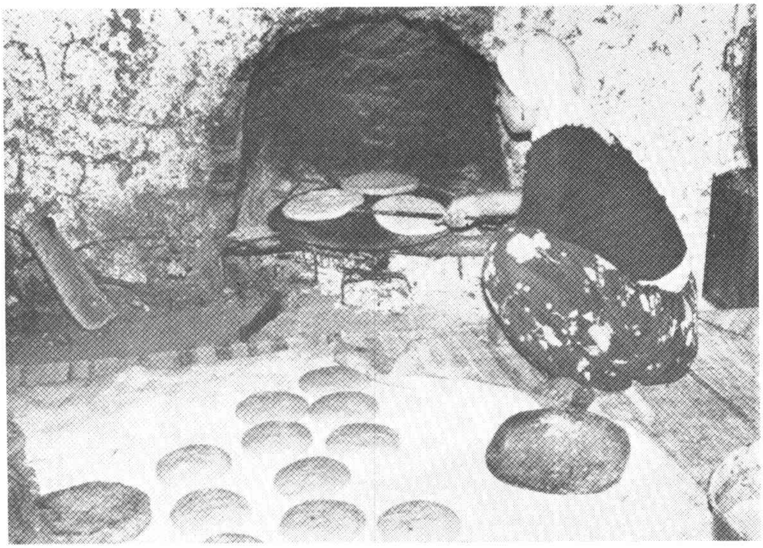


۱۶-۸ ورز دادن خمیر، پاکستان.

روش پختن این نوع نانها، که هنوزهم در سکونتگاههای بادیه‌نشینان معمول است، عبارت بود از قرار دادن یک صفحهٔ فلزی کوژ روی دو یا سه قلوه‌سنگ و آتش افروختن زیر آن (شکل ۱۷-۸). خمیر را به صورت ورقهٔ نازکی پهن می‌کردند و آن را روی همین صفحهٔ فلزی می‌گستردند تا با حرارت آتش بپزد. پخت نان با این روش تقریباً سه دقیقه طول می‌کشد، و آن را در سوریه، فلسطین، و دیگر کشورهای اسلامی نان ساج می‌نامند.

نان را در تنور هم می‌پختند. این روش که بیشتر در مناطقِ روستایی رواج داشت مشتمل بود بر تنور کوچکی که مقدسی آن را چنین توصیف می‌کند:

«تنور که نوعی کورهٔ کوچک است، به طور معمول پایین‌تر از سطح زمین ساخته می‌شد، کف آن را با ریگ فرش می‌کردند. بعد، اطراف و بالای تنور را با سوزاندن سرگین و پهین گرم می‌کردند. وقتی ریگها کاملاً داغ می‌شدند، قُرص نان را روی آن می‌انداختند تا بپزد.»



۸-۱۷ پختن قرصهای نان روی یک صفحهٔ فلزی که مستقیماً روی آتش قرار گرفته است. ترکیهٔ غربی.

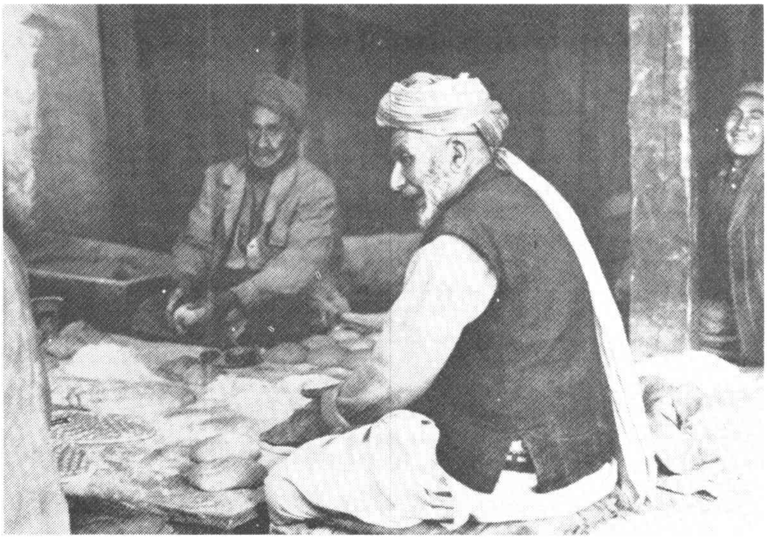


۸-۱۸ یک تنور کوچک زمینی برای پختن نان. شرق ترکیه.

این نوع تنورهای خانگی هنوزهم در روستاهای فلسطین به کار گرفته می‌شود، ولی به جای ریگ معمولاً از سفال خردشده استفاده می‌کنند. تنورهای دیگری نیز با همین ابعاد در دیگر سرزمینهای اسلامی وجود داشت (شکلهای ۸-۱۷، ۸-۱۸ و ۸-۱۹).



۸-۱۹ نوعی تنور بزرگتر برای نان‌پزی در ترکیه. برای قرار دادن قرصهای‌نان‌در این‌تنور از پاروی دسته‌بلندی استفاده می‌کنند، و تنور از عقب به وسیلهٔ نوعی اجاق‌که چوب در آن می‌سوزانند گرم می‌شود.



۸-۲۰ تهیه گلوله‌های خمیر و، سپس، گستردن آنها به صورت قرص نان و پنجه‌کاری آنها به وسیلهٔ تیمی از کارگران یک نانوایی در کابل، افغانستان.

در بیشتر شهرهای اسلامی، با به وجود آمدن نانواییها، نان‌پزی کیفیتی حرفه‌ای پیدا کرد، هرچند در اسپانیا و مراکش مردم عادت داشتند که خمیر نان را همچنان در خانه‌های خود به عمل بیاورند و فقط برای پختن آن را به نانوایی می‌بردند.

نانواییها از تنورهای بزرگ استفاده می‌کردند و نان‌پز را خباز یا نانوا می‌نامیدند. بدیهی است که کیفیت نان و صلاحیت حرفه‌ای نانوایان نیز از سوی محتسب کنترل می‌شد. طرح و شکل تنورهای بزرگ بسیار متنوع بود. بعضی از آنها دارای کف مسَطح ولی فاقد ریگ بودند. در یکی از پهلوهای کف داخلی تنور، محلی برای آتش افروختن وجود داشت. خمیر پهن‌شده را به وسیلهٔ پارویی مسطح و دسته‌بلند به درون تنور منتقل می‌کردند و پس از پخته شدن قرص نان آن را به همین طریق از تنور خارج می‌کردند. در نوع دیگری از این تنورها، کف داخلی شیبدار و پوشیده از ریگ بود و منبع آتش درست رو به روی این سطح شیبدار قرار داشت، و ورقه‌های خمیر پهن‌شده را به ابعاد و شکلهای گوناگون به کمک همان پاروها روی ریگهای داغ می‌گستردند.

۴-۸ قند و شکر

قند یکی از مواد غذایی پایه است که تحول تکنیکهای ساخت آن را به میزان زیادی مدیون گسترش تمدن اسلامی هستیم. کشت نیشکر در هند رایج بود و از آنجا به سرزمینهای همسایه راه یافت، ولی پیش از اسلام، این فراوردهٔ مهم غذایی هنوز چندان گسترشی پیدا نکرده بود. در اروپا، پیش از قرن هفتم میلادی/ قرن اول هجری خبری از نیشکر نبود و در سرتاسر قرون وسطی مردم برای شیرین کردن خوراکیهای خود از عسل استفاده می‌کردند.

در همان اوایل فتح اسلام، کشت نیشکر به ایران راه یافت. بعد، کشت نیشکر و صنعت تصفیهٔ قند به سرعت از طریق ایران به سرزمینهای مدیترانه‌ای رسوخ کرد و، چه به عنوان مادهٔ غذایی، چه به عنوان مادهٔ دارویی، در تمام کشورهای اسلامی گسترش یافت.

در میان تمام مواد غذایی رایج در قرون وسطی، قند تنها ماده‌ای بود که تهیهٔ آن به پردازش شیمیایی نیاز داشت. واقعیت این است که هم کشت نیشکر و هم تصفیهٔ آن مستلزم تکنیکهای پیچیده‌ای بود که کاربرد آن بدون صلاحیتهای فنی پیشرفته امکان‌پذیر نبود. بخشی از این پیچیدگیها بدان سبب بود که کشت نیشکر به شبکه‌های آبیاری گسترده‌ای نیاز داشت و، از سوی دیگر، تهیهٔ قند از ساقه‌های

گیاه نیشکر مستلزم یک رشته پردازشهای جداگانه بود. بنابراین، صنعت قندسازی از نیشکر ازعهدهٔ کشاورزان یا پیشه‌وران کوچک خارج بود و از همان ابتدای کار دولت نقش قابل توجهی در ایجاد کشتزارهای نیشکر و ایجاد کارخانه‌های قندسازی برعهده گرفت.

۱-۴-۸ تکنولوژی قندسازی

اطلاعات مربوط به کشت نیشکر در سرزمینهای اسلامی کمیاب نیست و در بسیاری از کتابها و رساله‌های مربوط به کشاورزی، از جمله در نهایت‌العرب فی فنون‌الادب، اثر النویری، شرح بسیار رسا و بلیغی در این زمینه وجود دارد. جالب توجه است که مؤلف نامبرده، علاوه بر توضیح و تشریح دقیق و تفصیلی تمام جزئیات صنعت قندسازی، فرصت آن را هم می‌یابد تا یادآور شود که شخمهای سنگینی هم پیش از کشت نیشکر در کشتزارهای مربوطه ضرورت داشته است.

در جریان ساخت قند، ابتدا نیشکر را می‌شکستند و در بخش خاصی از محوطهٔ کشتزار پوست از آن برمی‌گرفتند و، بعد، آن را به کارخانهٔ قند می‌فرستادند. کارخانهٔ قند به چند بخش تقسیم می‌شد. در نخستین بخش، کارگران قسمت بالایی ساقهٔ نیشکر راکه شیرینی زیادی دربر نداشت، و همچنین قسمت پایینی آن را، برای جدا کردن بقایای ریشه‌ها و گل و خاک، قطع می‌کردند. بعد، دومین گروه کارگران نیشکر پوست کنده را به قطعات کوچکی می‌بریدند و آنها را به بخش بعدی می‌فرستادند. در این بخش، قطعات نیشکر را به توده‌های همسان تقسیم می‌کردند و هریک از این توده‌ها را به طور جداگانه برای شیره‌کشی تحت فشار یا کوبش قرار می‌دادند. این کار در دو مرحله انجام می‌گرفت. در نخستین مرحله نوعی چرخشت سنگی گردان به کار می‌بردند، و بعد از آن نی‌ها را در سبدهای مخصوصی جای می‌دادند. آنگاه مرحلهٔ دوم آغاز می‌گشت که در آن نی‌ها را زیر نوعی پرس تخت چرخ‌دار قرار می‌دادند (دولاب التخت). در اینجا، «چرخ را به وسیلهٔ میله‌ای آنقدر به گردش درمی‌آوردند تا قطعات نیشکر به اندازهٔ کافی له شود و آخرین بقایای شیرهٔ موجود در آنها استخراج گردد». سپس، شیره‌های حاصل از هر دو مرحلهٔ پرسکاری را به سوی

مخزن معینی هدایت می‌کردند.

پس از استخراج شیره، آن را از صافی می‌گذراندند و به مخزن کالیبربندی‌شده‌ای می‌ریختند. این مخزن، وقتی پر می‌شد، شیره را به کارخانهٔ پخت (مطبخ) می‌فرستاد. در اینجا، یک بار دیگر شیره را از صافی می‌گذراندند و، بعد، آن را به دیگ مخصوصی هدایت می‌کردند. حال، شیرهٔ نیشکر آنقدر می‌جوشید تا حجم آن به میزان معینی کاهش یابد. در این موقع، سومین تصفیه به عمل می‌آمد و، بعد از آن، مایع را به هشت دیگ کوچکتر منتقل می‌کردند. وقتی «پخت» کامل می‌شد، مایع را (که اینک مَحلب نامیده می‌شد) در ظرفهای سفالی دهانه‌گشادی می‌ریختند که ته آنها باریک می‌شد و سه سوراخ نیز در آن وجود داشت. در ابتدا، سوراخها را با کاه نیشکر می‌پوشاندند، و سطلهایی در زیر هریک از سوراخها قرار می‌دادند. بعد مایع غلیظی از این سوراخها به درون سطلها می‌چکید که آن را عسل مقطر یا «عسل‌القطر» می‌نامیدند. ظرف سفالی را نوبت به نوبت پر می‌کردند، و پس از پایان کار آنها را در بخش دیگری از کارخانه به طور وارونه قرار می‌دادند تا آخرین قطرات «عسل» باقی‌مانده در آنها را هم گردآوری کنند.

بقایای حاصل از تصفیه‌های سه‌گانه را نیز به طور جداگانه پرس می‌کردند و می‌پختند تا نوعی «عسل» کمتر مرغوب به دست آورند که آن را خابیه می‌نامیدند. بنابراین، سه فراوردهٔ عمده به دست می‌آمد: قند، قَطر («عسل») و خابیه. این هر سه فراورده زیر نظر سرپرستهایی تهیه می‌شد که هر روز و هر شب گزارشی از جریان تولید ارائه می‌کردند.

وقتی قند خشک و سفید می‌شد، آن را به بخش تصفیهٔ شکر می‌فرستادند. در اینجا قند را در آبی که اندکی شیر بدان افزوده بودند حل می‌کردند و بعد آن را می‌پختند. حاصل کار عبارت بود از شکر سفید تصفیه‌شده و قطره (شکر سرخ). هر قنطار قند پنج دوازدهم شکر سفید می‌داد و هفت‌دوازدهم شکر سرخ (قطره). در بعضی از موارد شکر را دو بار تصفیه می‌کردند تا فراوردهٔ نهایی کاملاً سفید و خالص باشد.

دربارهٔ تصفیهٔ شکر متون توصیفی دیگری نیز در منابع اسلامی یافت می‌شود، ولی شرحی که در بالا بدان اشاره شد در واقع روش کلی تولید قند در

دنیای اسلامی را روشن می‌سازد. با این‌حال، گفته‌اند که مرغوب‌ترین نوع قند را در مصر، سوریه و درهٔ اردن می‌ساختند، و این سرزمین آخری از نظر تجارت و صادرات قند نیز شهرتی گسترده داشت. اکتشافهای اخیر در اردن وجود ۳۲ کارخانهٔ قندسازی را که با نیروی محرکهٔ چرخاب کار می‌کردند آشکار ساخته است. در مصر و سوریه از آسیای بادی نیز برای کوبیدن و له کردن ساقهٔ نیشکر استفاده می‌کردند.

کشت نیشکر از شمال افریقا به اسپانیا و سیسیل راه یافت، ولی اروپای غربی در زمان جنگهای صلیبی، بخصوص از زمانی که فرانك‌ها سواحل سوریه را اشغال کردند، با کشت نیشکر آشنا شد. تکنولوژی تصفیه شکر از سرزمینهای اسلامی به چین هم منتقل شد. مارکوپولو در سفرنامهٔ خود شرح می‌دهد که تکنیسینهای مصری را به چین دعوت کردند تا به مردم «ووگِن» (احتمالاً، ین‌پینگ در ایالت فوکی‌ین) بیاموزند که چگونه می‌توان با استفاده از خاکستر چوب به تصفیهٔ شکر مبادرت ورزید. بازهم مسلمانان بودند که کشت نیشکر را برای نخستین بار در هند غربی رواج دادند.

۸-۵ روغنهای گیاهی خوراکی

روغنهای گیاهی خوراکی همواره یکی از مهمترین مواد غذایی در سرزمینهای اسلامی بوده است. از جملهٔ این روغنها می‌توان به روغن زیتون، روغن کنجد، پنبه‌دانه، روغن خشخاش، و دیگر مواد مشابه اشاره کرد. با این حال، برخی از این نوع روغنها را بیشتر برای مصارف صنعتی استخراج می‌کردند (روغن بذرک، روغن کرچک، و مانند اینها.).

در میان روغنهای گیاهی، روغن زیتون از همه بیشتر خواستار داشت و به همین دلیل درخت زیتون را در فرهنگ اسلامی ارج بسیار می‌نهادند و حتی در قرآن مجید نیز از زیتون با عزت و حرمت یاد شده است. درخت زیتون به سبب عمر بسیار دراز و ارزشمند بودن میوه‌اش، همچون زمینی که روی آن به عمل می‌آمد، نوعی ثروت محسوب می‌شد. درخت زیتون از دیرباز در سرزمینهای مدیترانه‌ای کاشته می‌شد و مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفت، اما پس از ظهور

اسلام سوریه و کشورهای مغرب عربی، بخصوص تونس، نیز به سبب باغهای زیتون خود شهرت یافتند.

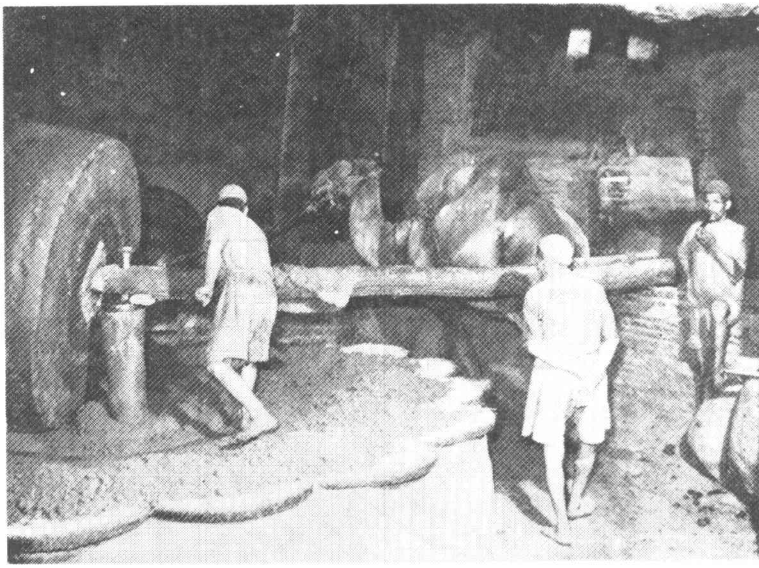
در سفرنامه‌های جغرافیادانان اسلامی اطلاعات زیادی راجع به مراکز تولید روغن زیتون وجود دارد. در سوریه (بلادالشام) نابلس همواره به خاطر روغن زیتونش که به دیگر کشورهای اسلامی، بخصوص مصر، صادر می‌شد شهرت داشته است. تولید روغن زیتون در تونس همواره در سطحی بسیار بالا قرار داشته است. مقدسی یادآور شده است که در بنونش بالغ بر ۳۶۰ کارگاه روغن‌کشی وجود داشته است.

کنجد نوعی محصول تابستانی بود، روغن خوراکی آن خواستاران زیادی داشت، و معمولاً در نقاطی که روغن زیتون تولید نمی‌شد، به مصرف می‌رسید.

۸-۵-۱ تکنیکهای تولید روغن

روشهای تولید روغن زیتون به طور عمده در سوریه، که از اعصار کهن زیتون‌سرای بزرگی محسوب می‌شد، تکامل یافته بود. داوود الانطاکی اصول اساسی روغن‌کشی از زیتون را به تفصیل بیان می‌کند و مرحله به مرحله توضیح می‌دهد که چگونه ابتدا زیتون را له می‌کنند و بعد در آب گرم می‌خیسانند و، سرانجام، به چرخ روغن‌کشی (پرس) می‌سپارند. روش روغن‌کشی سنتی تا عصر جدید هم دوام آورد و حتی به رغم ظهور دستگاهها و ماشین‌آلات جدید هنوزهم در بسیاری از نقاط همچنان مقاومت به خرج می‌دهد.

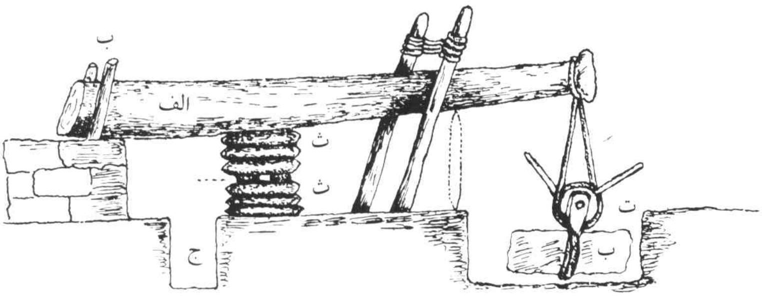
زیتون را در نوعی آسیاب با سنگهای قائم له می‌کردند. طرحها متفاوت بود، ولی به طور معمول دو سنگ استوانه‌ای شکل در کار بود که روی محور افقی مشترکی ثابت شده بودند، و خود این محور نیز از میانه‌اش روی محوری عمودی تعبیه می‌شد. در ایران، این نوع آسیاب رواج داشت، ولی فقط با یک سنگِ گردان (شکل ۲۱-۸). البته باید دانست که این طرح کلی از مدتها پیش از اسلام نیز معمول بود و در دنیای هلنیستی فراوان دیده می‌شد، زیرا اینک می‌دانیم که تولید روغن زیتون یکی از مهمترین عوامل محرک تکامل تدریجی آسیابهای مجهز به سنگهای قائم بوده است.



۲۱-۸ کارگاه روغن‌کشی در ایران، مجهز به یک سنگ قائم که روی لبهٔ خود می‌گردد و برای له‌کردن و فشردن دانه‌های بذرک به کار می‌رود.

از این نخستین فشار روغن زیتون مطبوعی حاصل می‌آمد، ولی زیتون فشرده‌شده هنوزهم دارای روغن قابل استخراج بود. بنابراین، تفالهٔ زیتونها را در آب داغ خیس می‌کردند و بعد آن را تحت پرسکاری دوم قرار می‌دادند که این بار به وسیلهٔ نوعی چرخ قرقرهٔ زنجیری و پرس وزنه‌ای (شکل ۲۲-۸)، یا به وسیلهٔ پرس پیچ‌دار به عمل می‌آمد (شکل ۲۳-۸). پرسکاری دوم را معمولاً در چند مرحلهٔ پیاپی انجام می‌دادند و در هر مرحله فشار پرس را نسبت به مرحلهٔ پیشین بیشتر می‌کردند. سه مرحلهٔ پرسکاری تقریباً به صورت روش متعارف روغن‌کشی درآمده بود. روشن است که روغن حاصل از آخرین پرسکاری رقیق‌تر از روغن به‌دست‌آمده از پرسکاری اول بود. بدین ترتیب، معمولاً سه نوع روغن زیتون با کیفیتهای متفاوت تولید می‌شد. علاوه بر این، آب جداشده از تفاله‌ها را نیز در دبه‌های مخصوصی حفظ می‌کردند. بعد از مدتی، آبی را که از روغن جدا شده بود خالی می‌کردند و روغن باقی‌ماندهٔ را به مصرف می‌رساندند.

به گفتهٔ الانطاکی، برای گرفتن روغن کنجد، ابتدا دانه‌ها را در آب خیس می‌کردند و بعد پوست آنها را می‌کندند. سپس، دانه‌های پوست‌کنده را بریان می‌کردند و پس از آسیاب کردن و خمیر کردن، آنها را در آب جوشان



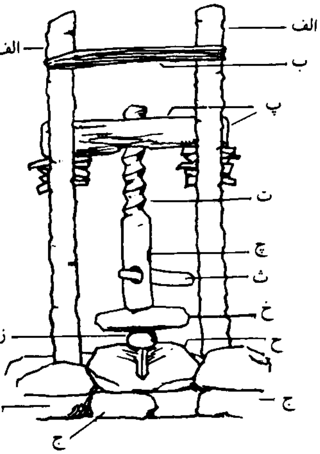
۸-۲۲ (الف) نوعی پرس تیرچه‌ای برای تولید روغن زیتون در الجزایر، ۱۹۲۰. وزنهٔ سنگین «پ» به وسیلهٔ جراثقال دستی «ت» تیرچهٔ تقریباً ۳۶۰ سانتی‌متری «الف» را که در تکیه‌گاه «ب» به وسیلهٔ تیرچهٔ دیگری ثابت می‌ماند (در تصویر نشان داده نشده است) به سمت پایین کشیده می‌شود و کیسه‌های توری «ث» حاوی زیتون را درهم می‌فشرد. روغن خارج‌شده از زیتون در محفظهٔ «ج» گردآوری می‌شود.



۸-۲۲ (ب) جزئیات نوعی پرس تیرچه‌ای مشابه، در مراکش، با کیسه‌های توری حاوی زیتون زیر فشار تیرچهٔ پرس.

می‌خیساندند. ولی برای روغن‌کشی از دانهٔ کنجد به روش پرسکاری نیز متوسل می‌شدند.

برای روغن‌کشی از دیگر دانه‌های روغنی، چه برای مصارف صنعتی و چه برای مصارف خوراکی، از همان روشهای معمول در تولید روغن زیتون استفاده می‌کردند.



۸-۲۳ نوعی پرس با پیچ چوبی که تا دههٔ ۱۹۲۰ نیز در سیوا، مصر، به کار می‌رفت. خرپاهای «الف»، به ارتفاع تقریباً دو متر و نیم، در بالا به وسیلهٔ طناب «ب» و در پایین به وسیلهٔ تخته سنگهای مسطح «ج» که در سطح زمین محکم شده بودند، صلیب «پ» را برپا نگاه می‌داشتند که پیچ چوبی «ت» در بالای محور عمودی آن خرّاطی شده بود. این پیچ به وسیلهٔ میلهٔ «ث» به چرخش درمی‌آمد و روی دو تخته سنگ صاف «خ» و «ح»، که زیتونها را بین آنها قرار می‌دادند، فشار وارد می‌آورد. روغن ناشی از فشرده‌شدن زیتونها از طریق شیاری که روی تخته سنگ «ج» وجود داشت جریان می‌یافت و در تغار مخصوصی جمع‌آوری می‌شد.

۶-۸ خوراکیها و آشامیدنیها

خوراکیها و آشامیدنیها در سرزمینهای اسلامی متفاوت بود، زیرا مردم هر سرزمین پس از ظهور و گسترش اسلام نیز از همان موادی که به طور طبیعی در منطقه‌شان یافت می‌شد استفاده می‌کردند. البته، وحدت فرهنگی و سیاسی سرزمینهای اسلامی تا حدودی بر نوع خوراک و آشامیدنیهای مردم تأثیر گذاشته بود، ولی تفاوتهای اساسی همچنان برقرار ماند. در این زمینه، جای نوعی بررسی منظم و مستند از تفاوتهای گوناگون بین سرزمینها و ملل مختلف اسلامی هنوز خالی است. برای مثال، مقدسی که اهل فلسطین بود در سفرنامهٔ خود می‌نویسد که در مصر با غذاهایی روبه‌رو شده که بکلی برایش ناآشنا بوده است. وی توضیح می‌دهد که مصریان به گوشت قرمز چندان علاقه‌ای نشان نمی‌دادند و بیشتر از ماهی استفاده می‌کردند. همچنین از قلم او می‌خوانیم که مصریان «پوستهٔ صدفها را می‌گشودند و مادهٔ لزج درون آن را به طور خام سر می‌کشیدند». وی در ضمن یادآور می‌شود که مصریان میوه‌های زیادی در اختیار ندارند. چنانکه از این نمونه برمی‌آید، حتی پس از اسلام نیز مواد غذایی هر منطقه و سرزمین تابع شرایط اقلیمی و طبیعی آنجا بوده است.

در طول دورهٔ بین قرنهای چهارم و دهم هجری (دهم تا شانزدهم میلادی)، کتابهای بسیاری در زمینهٔ آشپزی نگاشته شد که آنها را به عربی طبیخ می‌نامیدند. تنها یکی از این نوع کتابها به زبانهای اروپایی ترجمه شده، و بقیهٔ آنها هنوز به صورت دستنوشته باقی مانده است. از طریق این‌گونه کتابها می‌توان پی برد که در بغداد، قاهره، دمشق و دیگر شهرهای اسلامی آن دوران چه نوع خوراکیهایی رواج داشته است. کتاب الطبیخ (کتاب آشپزی)، نوشتهٔ البغدادی فهرست و

دستورالعمل طبخ غذاهای رایج در بغداد را به دست می‌دهد. این دستنوشته تاریخ ۶۲۳ هجری (۱۲۲۶ میلادی) را بر خود دارد، ولی تصور می‌رود که پیش از این تاریخ نوشته شده باشد. در هر حال، کتاب یادشده دست‌کم شامل ۱۵۳ دستورالعمل آمَاده‌سازی و پخت خوراکیهای گوناگون است که آنها را می‌توان در گروههای زیر طبقه‌بندی کرد: ۲۲ نوع غذاهای ترش؛ ۶ نوع غذای شیرین؛ ۱۸ نوع غذای بی‌نمک؛ ۸ نوع غذای سرخ‌کرده ولی خشک؛ ۲۲ نوع غذای ساده؛ انواع خوراکهای جوجه و مرغ؛ ۹ نوع خوراک پخته‌شده با خمیر و آرد؛ ۱۱ نوع غذای نمك‌سود و خوابانده در ترشی و انواع کلوچه‌ها؛ ۵ نوع غذای تازه؛ ۴ نوع خوراک ماهی شور؛ ۳ نوع خوراک ماهیهای کوچک نمك‌سود؛ ۴ نوع چاشنی؛ ۵ نوع غذای خوشبو و اشتها انگیز؛ ۵ نوع ادویه؛ ۱۲ نوع خوراک ژلاتینی؛ ۹ گونه حلوا و شیرینی؛ ۱۲ نوع مطبّق (نوعی زلوبیا)، نان روغنی، نان قندی، نان شیرمال و خوشکُنک (خوراکیهای ایرانی).

یکی دیگر از کتابهای جامع آشپزی دورهٔ اسلامی که به وسیلهٔ ابن‌سیار الورّاق نوشته شده، و هنوز به صورت دستنوشته باقی مانده، نه فقط تمام زوایا و فوت و فنهای آشپزی و طرز تهیهٔ انواع آشامیدنیها را شرح می‌دهد بلکه به توصیف وسایل و تجهیزات آشپزخانه نیز می‌پردازد و، دست‌آخر، از بیان آداب سفره‌چینی و غذا خوردن نیز غافل نمی‌ماند. در ضمن، یادآور می‌شویم که توصیف و دستورالعمل پختن بسیاری از غذاهای رایج در کشورهای اسلامی خاورمیانه نیز در این کتاب یافت می‌شود.

۱-۶-۸ تولید مواد غذایی

تهیهٔ مواد غذایی یکی از مهمترین مشغلهٔ روزانهٔ مردم دنیای اسلام بوده است، زیرا تهیه و تدارک هریک از انواع غذاهایی که در اختیار مصرف‌کننده قرار می‌گرفت مستلزم انجام عملیاتی بود که در چند مرحله تحقق می‌یافت. برای مثال، در صفحه‌های پیشین دیدیم که در مورد کار ظاهراً ساده‌ای مانند تهیهٔ نان، گروههای مختلفی از عاملان می‌بایست مراحل تکنولوژیکی پرپیچ‌وخمی را پشت سر بگذارند، و از جمله: شخم زدن زمین، آبیاری، درو کردن، خرمنکوبی، انبار کردن، حمل و نقل، آسیاب کردن گندم، تهیهٔ آرد و، سرانجام، پختن نان. این

نمونه را نباید نوعی استثناء پنداشت. برای تهیهٔ برنج هم، که بعد از گندم مهمترین مادهٔ غذایی دنیای اسلامی را تشکیل می‌داد، فرایندهای تکنولوژیکی گسترده‌ای ضرورت می‌یافت. قند هم یکی دیگر از صنایع بزرگ بود که تکنولوژی ویژهٔ خود را داشت ـ تنها در فسطاط، ۵۸ کارخانهٔ قندسازی از نیشکر فعالیت داشتند ـ هرچند مصرف عسل نیز همچنان رایج بود و شیرین‌کننده‌ها ارزان‌قیمت‌تری نیز در بازار یافت می‌شد ـ مانند انواع شیره‌های قندی، عصارهٔ انگور، ربّ‌های شیرین، خَرنوب[۱۵۴]، خرما، و غیره.

صنعت گوشت نیز در سرزمینهای اسلامی بسیار فعال بود. مرحلهٔ آغازین این صنعت با پرورش گاو و گوسفند شروع می‌شد. حیوانات پرورده‌شده را به کشتارگاه می‌فرستادند و از آنجا به دکان قصابی. مصرف‌کنندگان همواره انواع گوناگونی از گوشتهای پخته‌شده و نمک‌سود، یا چرغند (سوسیس) که به عربی نقانیق گفته می‌شد و همچنین گوشت ورقه‌ورقه‌شده (شرحه) در اختیار داشتند. صنعت ویژه‌ای برای نمک‌سود کردن گوشت ماهی نیز وجود داشت. تولید وسیع گوشت مرغ و ماکیان در مصر معمول بود و تلقیح مصنوعی برای پرورش جوجه‌های گوشتی نیز به عمل می‌آمد.

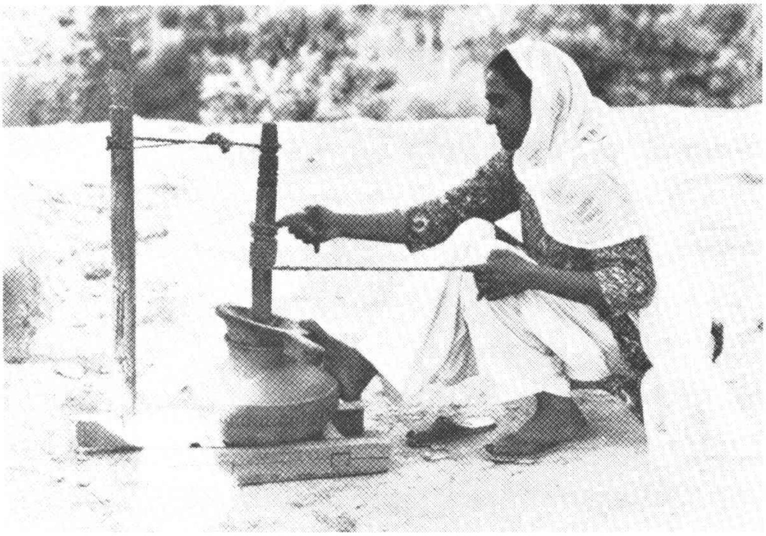
صنعت روغن‌کشی و تهیهٔ مواد چرب، چنانکه دیدیم، به مقیاس وسیع عمل می‌کرد. علاوه بر روغنهای گیاهی، چربی حیوانی نیز خواستاران فراوان داشت، و مهمتر از همهٔ اینها کرهٔ پخته بود که به عربی سَمْن[۱۵۵] گفته می‌شد. روشن است که تهیهٔ هریک از انواع این چربیها تکنولوژی خاص خود را داشت. انواع پنیرها نیز در سرزمینهای اسلامی رایج بود و یکی از راههای مؤثر برای تبدیل شیر به نوعی غذای روزانه محسوب می‌شد (شکلهای ۲۴-۸ و ۲۵-۸).

سبزیجات و میوه‌ها را هم به طور تازه مصرف می‌کردند و هم به طور خشک‌شده در مبادلات میان‌منطقه‌ای به‌کار می‌بردند. حتی روشهایی برای نگاهداری انواع هندوانه‌ها و خربزه‌ها و گرمک و طالبی نیز ابداع کرده بودند.

---

۱۵۴) نوعی درخت یا درختچهٔ مدیترانه‌ای شبیه به درخت گردو که میوهٔ آن در غلاف درازی مانند باقلا جای دارد و طعمش شیرین است و از آن رب درست می‌کرده‌اند. ـ م.

۱۵۵) اصطلاح فارسی «مسمّا» را، چنانکه در مورد غذاهایی چون مسمای بادمجان به‌کار می‌رود، ریشهٔ اصلی کلمهٔ معرّب مُسمَّن به معنای غذای روغن‌دار و چرب می‌دانند. ـ م.



۸-۲۴ کره‌گیری در پاکستان

میوه‌های خشک، به ویژه انگور، انجیر، گردو و خرما نیز در موارد مختلف به مصرف می‌رسید.

سرکه نیز یکی دیگر از مواد غذایی پرمصرف بود که به مقیاس وسیع تهیه می‌شد. تولید کلان گلاب و انواع شربتها نیز، چنان‌که پیشتر اشاره کردیم، با تکنولوژیهای پیشرفته‌ای انجام می‌گرفت. در بعضی از مناطق، مانند سوریه، تقطیر عصارهٔ انگور نیز رواج داشت.

بیشتر مواد غذایی اصلی که در بالا بدانها اشاره کردیم به وسیلهٔ عمده‌فروشان و خرده‌فروشها به مردم فروخته می‌شد، و در شهرهای بزرگ بسیاری از دکانها و فروشگاهها غذاهای پخته به مشتریان خود عرضه می‌کردند. در وقایع‌نگاریها و سفرنامه‌ها آمده است که در قاهرهٔ قرون وسطی بین ۱۰ تا ۱۲ هزار فروشندهٔ مواد غذایی پخته‌شده در خیابانها مشغول به کار بودند، و اروپاییانی که این سفرنامه‌ها را نوشته‌اند اظهارنظر کرده‌اند که گویا مسلمانان به ندرت در خانه‌های خود غذا می‌خورند.

۸-۶-۲ نگاهداری غذاها و مواد غذایی

در این کتاب، تکنولوژی نگاهداری مواد غذایی در سرزمینهای اسلامی را نیز،



۸-۲۵ زنان ترک در حال تهیهٔ ماست.

مانند مباحث دیگر، لزوماً به اختصار برگزار خواهیم کرد. با ظهور اسلام، راه و روشهای باستانی نگهداری مواد غذایی در سرزمینهای فتح‌شده همچنان پابرجا ماند، ولی تکنیکهای تازه‌ای نیز بدانها افزوده شد. چنین بود که علاوه بر خواباندن مواد غذایی فاسدشدنی در سرکه، یا تبلور آنها به صورتِ قند و شکر و عسل، روشهای دیگری چون خشک کردن، نمک‌سود کردن و دود دادن نیز طرفداران فراوان داشت. جلوگیری از گندیدگی مواد غذایی به وسیلهٔ ادویه نیز یکی دیگر از تکنیکهای نگهداری غذاها بود، و استفاده از سردخانه‌ها نیز به تدریج متداول شد (شکل ۲۶-۸). به هر حال، برای جلوگیری از ضایعات و

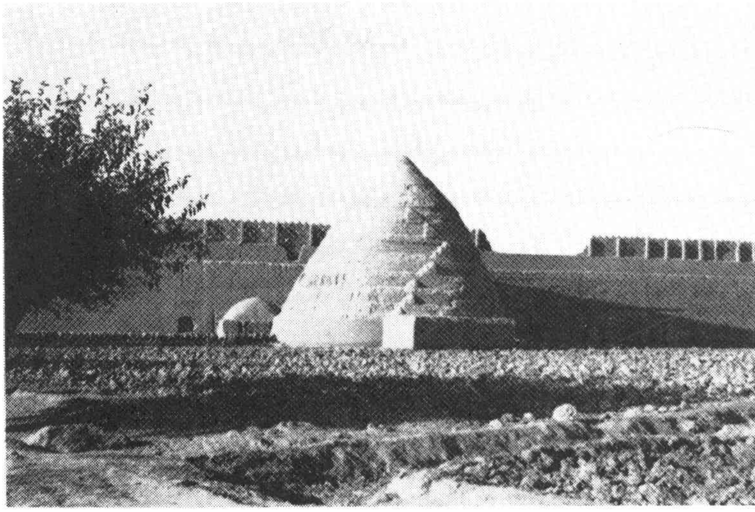
فاسد شدن سریع مواد غذایی روشهای گوناگونی مورد عمل قرار می‌گرفت.

ایجاد انبارهای مناسب برای نگهداری آرد و غله، بخصوص گندم و برنج، اهمیتی حیاتی داشت. ابن‌عوّام و دیگر مؤلفانی که کتابهایی در زمینهٔ کشاورزی نوشته‌اند اطلاعات زیادی در این زمینه به جای گذاشته‌اند که در مجموع حاکی از آن است که نه فقط روشهای گوناگونی برای حفظ مواد غذایی از فساد طبیعی ابداع شده بود بلکه مبارزهٔ مؤثری نیز برضد آفتهایی چون شپشک و کرمها و دیگر حشرات موذی به عمل می‌آمد.

برای نگهداری گوشت از تکنیکهایی چون خشک کردن، نمک‌سود کردن و دود دادن استفاده می‌کردند، و در بعضی موارد ادویه نیز بدانها می‌افزودند.. در نوشته‌های به‌جای‌مانده از دوران اسلامی، روشهای گوناگونی برای خشک کردن گوشت ذکر کرده‌اند. دمشقی، در کتابی که راجع به تجارت نوشته است، یکی از این روشها را وصف می‌کند، و در دفاتر راهنمایی که برای محتسب تهیه می‌شد طرز تهیهٔ گوشت قرمه نیز، زیر عنوان کلی نقانیق، به تفصیل توضیح داده شده است. در مورد گوشت ماهی، چنان‌که پیشتر هم اشاره کردیم، بهترین روش همانا نمک‌سود کردن و دود دادن آن بود.

بسیاری از میوه‌ها را از فصلی تا فصل دیگر به حالت تازه نگهداری می‌کردند و دستورالعملهای معینی برای انبار کردن سیب، انار، و انگور تازه وجود داشت. بدین ترتیب، این گونه میوه‌ها را به مدت چند ماه، بدون فاسد شدن، حفظ می‌کردند. از سردخانه‌ها نیز برای نگهداری میوه‌ها بهره‌برداری می‌کردند، و هندوانه و خربزه را در جعبه‌های سربی انباشته از یخ از [آسیای مرکزی و ایران] به بغداد و قاهره حمل می‌کردند. همین روش را برای نگهداری خود یخ نیز به کار می‌گرفتند. چنین بود که یخ را از نقاط سردسیر در محفظه‌های مخصوص به بغداد و قاهره می‌رساندند و، سپس، آن را درت مام مدت سال در انبارهای ویژهٔ طبقات ثروتمند نگهداری می‌کردند.

یکی دیگر از روشهای مؤثرتر و ارزان‌تر برای حفظ میوه‌ها خشک کردن آنها بود، و میوه‌های خشک‌شده را به میزان وسیعی مصرف می‌کردند. خشک کردن میوه‌ها تکنیکی بود که برای استفاده از مازاد محصول و انتقال آنها به نقاط دوردست نیز به کار می‌رفت و، بخصوص در مورد انگور خشک‌شده [کشمش]،



۸-۲۶ یک یخچال نزدیک یزد، در ایران. آب‌انبار کم‌عمقی، محصور در میان دیوارهای بلند وجود داشت که آب آن در شبهای سرد یخ می‌بست. به هنگام روز، دیوارهای بلند و قطور مانع از رسیدن گرمای خورشید به آب‌انبار مرکزی می‌شد و یخ محفوظ می‌ماند. بعد، این یخها را گِرد می‌آوردند و در گودال عمیقی زیر گنبد مخروطی انبار می‌کردند تا به تدریج برای نگاهداری غذاها و خنک کردن نوشابه‌ها در هوای گرم تابستان از آن استفاده کنند.

انجیر، و خرما از کارآیی فراوانی برخوردار بود. میوه‌هایی چون گردو، بادام، فندق و پسته را نیز خشک می‌کردند و به مقیاس وسیعی در مبادلات به کار می‌بردند. بعضی از انواع سبزیجات را نیز با همین روشها خشک می‌کردند و در شبکهٔ توزیع به فروش می‌رساندند. تکنیکهای مخصوص خشک کردن سبزیجات را نیز در بسیاری از کتابهای مخصوص کشاورزی دوران اسلامی می‌توان مورد مطالعه قرار داد. پروردن میوه‌ها در شکر یکی دیگر از روشهای معمول برای نگهداری میوه‌ها بود که هنوزهم یکی از تخصصهای مشهور قنادان دمشق است.

برای نگاهداری میوه‌ها از روش خواباندن در آب‌نمک یا سرکه نیز استفاده می‌کردند. فراورده‌هایی را که به این روش حفظ می‌کردند به عربی **مخلّلات** می‌نامیدند و بسیاری از میوه‌ها و سبزیجات را به همین طریق نگاهداری می‌کردند ـ از جمله: زیتون، خیار، شلغم و مانند اینها. پنیرِ خشک را نیز در آب‌نمک نگاه می‌داشتند.

حتی روشهای خاصی برای تداوم عمر گلاب و انواع شیره‌ها و عصاره‌های میوه‌ها وجود داشت، و پیشگیری از ضایع شدن سرکه و روغن زیتون نیز با تکنیکهایی مؤثر و مفید صورت می‌گرفت. این روشها را هنوزهم در بسیاری از کتابهای مربوط به کشاورزی در کشورهای عربی تعلیم می‌دهند.

۳-۶-۸ تقلب در تولید و کنترل کیفیت

تقلب در تولید مواد غذایی ممنوع بود و به همین دلیل هم محتسب دقت زیادی در کنترل کیفیت مواد غذایی و اجزای تشکیل‌دهندهٔ آنها به کار می‌برد.

یکی از آثار جالب توجهی که به متفکر و دانشمند مشهور الکندی نسبت داده می‌شود ـ «شیمی خوراکیهای پخته‌شده» ـ در یکی از بخشهای خود شرح می‌دهد که غذاهای تقلبی را چگونه می‌سازند. وی توصیف می‌نماید که چگونه می‌توان بدون گوشت غذاهای گوشتی تهیه کرد، و بدون جگر کباب جگر یا جگر سرخ‌کرده تحویل مشتری داد، یا بدون در دست داشتن مغز، خوراک مغز درست کرد، یا قرمهٔ گوشت بدون گوشت، نیمروی بدون تخم‌مرغ، خوراک برنج بدون برنج، یا حلوا و شیرینی بدون عسل یا شکر درست کرد و به مشتریان فروخت. جوباری نیز، در المختار فی کشف‌الاسرار، فصلی را به «برملا کردن اسرار آشپزها» تخصیص می‌دهد و یادآور می‌شود که این جماعت حقه‌های زیادی به کار می‌زدند و هیچ غذایی را بدون تقلب و نیرنگ به خورد مشتریان خود نمی‌دادند. وی شرح می‌دهد که چگونه می‌توان عسل تقلبی، کرهٔ تقلبی، سرکهٔ تقلبی، روغن زیتون و روغن کنجد تقلبی و حتی شیر تقلبی درست کرد.

این دو مؤلف منحصر به فرد نبودند، و در بسیاری دیگر از دستنوشته‌های قرون وسطای اسلامی می‌توان به مطالبی از این قبیل دست یافت. در کتابچه‌های راهنمای محتسب نیز بعضی از این روشهای تقلب‌آمیز مورد بحث قرار می‌گیرد و دستورالعملهایی برای کنترل کیفیت گوشتهای قرمه‌شده، گوشت سرد، شیرینیها و دیگر فراورده‌های غذایی توصیه شده است.

۴-۶-۸ آشامیدنیها

در کتاب آشپزی الورّاق ما با پانزده دستورالعمل برای تهیهٔ آشامیدنیهای مختلف آشنا می‌شویم. این آشامیدنیها بسیار متنوعند و از آب یخ ساده تا آب میوه‌های مختلف، و عصارهٔ تخمیرشدهٔ انگور تفاوت می‌یابند. با این‌حال، ممنوعیت خَمر و مُسکرات در سرزمینهای اسلامی موجب شده بود که بیشتر نوشابه‌ها غیرالکلی باشند. این ممنوعیت، همراه با تابستانهای گرم بسیاری از سرزمینهای

اسلامی مردم را به ابداع و تهیهٔ نوشابه‌ها و شربتهای رنگارنگ واداشته بود، و فراوانی و تنوع میوه‌های گوناگون نیز به این امر کمک می‌کرد.

آب یخ در این کشورها مصرف فراوان داشت و در سرتاسر تابستان به مردم عرضه می‌شد، هرچند ابن‌سیّار می‌نویسد که آب آشامیدنی را با استفاده از جریان هوا نیز خنک می‌کردند. آبهای معطر (با گلاب یا مایعات خوشبوی دیگر) نیز خواستاران فراوانی داشت، و دیگر نوشابه‌های غیرالکلی را با شیر و ماست [دوغ]، آب انگور، آب هویج، آب لیمو، و غیره تهیه می‌کردند. در نقاطی که جوامع مسیحی نیز در جوار مسلمانان می‌زیستند، شراب و آبجو [فقاع] نیز تهیه می‌شد. در این‌گونه نواحی به تکنیک تقطیر شراب نیز آشنایی داشتند.

قهوه یکی از آشامیدنیهایی بود که نسبتاً دیر و از طریق یمن به سرزمینهای اسلامی راه یافت. آشامیدن قهوه در قرن هشتم هجری (چهاردهم میلادی) به سرعت در سرزمینهای اسلامی رواج یافت، ولی در قاهره زودتر از قرن نهم هجری (قرن پانزدهم میلادی) باب نشد. در سال ۹۵۱ هجری (۱۵۵۲ میلادی) یکی از مردم حلب و یکی دیگر از دمشق، نخستین قهوه‌خانه‌ها را در استانبول (ترکیه) باز کردند. در اروپا، تقریباً یک قرن بعد بود که چنین قهوه‌خانه‌هایی [به نام «کافه»] در پاریس افتتاح شد.



۹ استخراج معادن و ذوب فلزات

۱-۹ معادن

در گسترهٔ پهناور سرزمینهای اسلامی سنگهای معدنی و کانیها از اهمیتی فراوان برخوردار بودند. نیاز به طلا، نقره و مس برای ضرب سکّه و دیگر مصارف روز به روز افزایش می‌یافت. آهن و فولاد لازم برای ساختن جنگ‌افزارها و بسیاری از لوازم و تجهیزات کشاورزی و خانگی را می‌بایست از سنگ آهن موجود در معادن زیرزمینی استخراج کرد. کانیهایی مانند جیوه، نمک طعام، و زاج جزو ملزومات زندگی روزانه شده بود. خوشبختانه سرزمینهای اسلامی از منابع معدنی کافی برخوردار بودند و استخراج معادن و صنایع وابسته به آن روز به روز گسترش می‌یافت. در نوشته‌های عربی باقی‌مانده از دوران اسلامی، واژهٔ معدِن (جمع = معادِن) به معنای کان یا معدن است و واژهٔ مؤدِن به معنای معدنکار به کار رفته است. ولی در عربی امروزین، واژهٔ مَنجَم را در برابر کان به کار می‌برند و واژهٔ معدِن یا معدَن در حال حاضر بیشتر افادهٔ معنای «فلز» یا «کانی» می‌کند.

اطلاعات راجع به معادن اسلامی را می‌توان در آثار جغرافیایی، رساله‌های کیمیاگران، کتابهای معدن‌شناسی و بسیاری از دیگر منابع جست‌وجو کرد. ولی این منابع و همچنین یافته‌های علم باستان‌شناسی را هنوز به قصد تهیه و نگارش تاریخچهٔ تکنولوژی استخراج معادن در سرزمینهای اسلامی مورد توجه قرار نداده‌اند، و فقط بعضی بررسیهای اجمالی در مورد توزیع جغرافیایی این معادن به عمل آمده است. در اینجا، طبق معمول، ناچاریم فقط به ذکرِ بعضی از مراکز معدنی مهم و پاره‌ای از کانیهای پراهمیت بسنده کنیم، چه ارائه فهرست جامعی از همهٔ آنها در این کتاب مقدماتی امکان‌پذیر نیست.

معادن طلا در غرب عربستان، مصر، افریقا و همچنین در بعضی از مناطق شرقی دنیای اسلام کشف شده بود. ولی نخستین ناحیهٔ زرخیز شناخته‌شده در

۱-۹ عودسوز برنجی با تزئینات سیمین و زرین، کار سوریه. قرن سیزدهم میلادی (قرن هفتم هجری). موزهٔ ویکتوریا و آلبرت، لندن.

وادی‌العلقه واقع شده بود که یکی از شاخابه‌های ساحل شرقی نیل علیا محسوب می‌شد و در ناحیهٔ بوجا بین اتیوپی و نوبیه قرار داشت. معادن در منطقه‌ای بیابانی بین رود نیل و دریای سرخ کشف شده بود و نزدیکترین شهر به آنجا اسوآن در کنار نیل بود. دومین معدن مهم طلا، به گفتهٔ ابوریحان بیرونی، «مغرب سودان» نامیده می‌شد، و در ناحیه‌ای واقع در جنوب صحرا در سنگال و در کنار رود نیجر علیا در مالی قرار داشت. به گفتهٔ ادریسی، وانقره مهمترین معدن طلا در کنار نیجر علیا محسوب می‌شد. نمک طعام، پارچه و دیگر لوازم را با طلا مبادله می‌کردند.

نقره را به طور خالص یا در ترکیب با سرب استخراج می‌کردند. معادن عمدهٔ نقره در سرزمینهای شرقی دنیای اسلام واقع شده بود و از جمله مهمترین آنها می‌توان به معادن هندوکش در شهرهای پنج‌شیر و جاروپانا اشاره کرد که هر دو در نزدیکی بلخ بودند. برپایهٔ بعضی از گزارشها، تقریباً ۱۰,۰۰۰ معدنچی در پنج‌شیر کار می‌کردند. کانهای مهم دیگر نقره در اسپانیا، مغرب، ایران و آسیای مرکزی واقع شده بود.

سرب (اُسرُب، راساس) را بیشتر از سنگ گالن (سولفید سرب) استخراج می‌کردند که از کانیهای فراوان است و معمولاً مقدار کمی نقره هم دربر دارد. تنها دو نوع سنگ معدنی دیگر سرب به عنوان مادهٔ اولیه حائز اهمیت نسبی است، کربنات سرب و سولفات سرب، هرچند که این آخری در موارد بسیار نادری به کار گرفته می‌شود. سنگ معدن سرب، بخصوص گالن، را در اسپانیا، سیسیل، مغرب عربی، مصر، ایران، بین‌النهرین علیا و آسیای صغیر استخراج می‌کردند.

مس را از معادن نسبتاً فراوانی که در مناطق معدنی گوناگون یافت می‌شد، و از جمله معادن مهم غرب اسپانیا استخراج می‌کردند. در شرق دنیای اسلام نیز معادن مس وجود داشت، و از جمله در سجستان، کرمان، فرغانه، بخارا، طوس، و هرات، و معادن مس جزیرهٔ قبرس نیز همیشه از اهمیتی خاص برخوردار بود.

واژه‌های «کالامین» یا «توتیا» را در مورد سنگ معدن طبیعی روی، بخصوص کربنات روی و اکسید سفید روی به‌کار می‌بردند که از محصولات فرعی ذوب و به عمل آوردن سنگ معدن طبیعی بود. مهمترین معادن توتیا در کرمان بود، هرچند این ماده را از معادن گوناگون اسپانیا نیز به دست می‌آوردند.

قلع را از شبه‌جزیرهٔ مالزیا به دست می‌آوردند که در آن دوران «کالا» یا «قالا» نامیده می‌شد. بنابراین، نام فلز مذکور به عربی نیز از نام همین محل مشتق شده است.

آهن و فولاد در سرزمینهای اسلامی متقاضی فراوان داشت و عملاً هرکجا که سنگ‌آهن یافت می‌شد مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفت. با این‌حال، پنج منطقهٔ مهم سنگ معدن آهن در اسپانیا وجود داشت ــ از جمله معادن نزدیک تولیدو مرسیه ــ و ده ناحیهٔ معدنی بزرگ نیز در مراکش، الجزایر، و مجّانات المعدن در تونس استخراج می‌شد. این معادن اخیرالذکر شامل کانهای آهن جبال‌الحدید در کوههای اطلس، ریف و غورالحدید در الجزایر نیز می‌شد. سنگ‌آهن در سیسیل نیز تهیه و صادر می‌شد. علاوه بر اینها، از معادن آهن صحرای لیبی و ناحیهٔ فاس نیز می‌توان نام برد. مصر آهن مورد نیاز خود را از معادن نوبیه و سواحل دریای سرخ تأمین می‌کرد. سوریه به سبب کارگاههای ذوب آهن و فولادسازی خود شهرت داشت (فولاد دمشقی) و آهن مورد نیاز خود را از جنوب و کوههای بین دمشق و بیروت استخراج می‌کرد. با این وصف، کشورهای شرق دنیای اسلام از نظر معادن آهن غنی‌تر از مصر و سوریه و عراق عرب بودند. ایالت فارس در جنوب ایران حداقل دارای چهار حوزهٔ مهم سنگ‌آهن بود، و در خراسان، ماوراءالنهر، آذربایجان و ارمنستان نیز معادن آهن به فراوانی یافت می‌شد.

جیوه را به طور عمده از اسپانیا وارد می‌کردند. ادریسی از یک معدن جیوه در شمال قرطبه (کوردوبا) یاد می‌کند که بالغ بر هزار کارگر برای استخراج سنگ معدن و ذوب و به عمل آوردن آنها تا مرحلهٔ نهایی تهیهٔ جیوه در آنجا فعالیت داشتند. یکی دیگر از منابع مهم جیوه در دنیای اسلام فرغانه در ماوراءالنهر بود.

نمک‌طعام در محلهای‌مختلف تولید می‌شد. این‌مادهٔ‌معدنی یکی‌ازملزومات زندگی روزانه محسوب می‌شد و تولید آن در مناطق مختلف و به مقیاس وسیع برای صادرات صورت می‌گرفت. یکی‌از این‌مناطق، به‌عنوان‌مثال، کشور مغرب (مراکش) بود که معادن نمک آن در حاشیهٔ صحرا واقع شده بود. نمک تولیدشده در این منطقه را با کاروانهای شتر به جنوب صحرای افریقا می‌بردند و در آنجا با طلا مبادله می‌کردند. هزاران نفر مرد و هزاران نفر شتر در این عملیات مشارکت داشتند. دیگر معادن مهم نمک در خراسان، عربستان، و ارمنستان بود.

زاج یمن به سبب کیفیت مرغوبش شهرت داشت، ولی به گفتهٔ ادریسی منابع عمدهٔ زاج در چاد بود. از همین محل بود که زاج را به مصر و دیگر کشورهای شمال افریقا صادر می‌کردند. خود مصر نیز یکی از مراکز عمدهٔ تولید زاج و نطرون [کربنات دوسدیم طبیعی] بود.

میان بسیاری دیگر از مواد معدنی شناخته‌شده و مورد بهره‌برداری در سرزمینهای اسلامی، یکی هم پنبهٔ نسوز بود که از بدخشان به دست می‌آمد و برای ساختن فتیله و پارچه‌های مقاوم در برابر آتش از آن استفاده می‌کردند. زغالسنگ را نیز در بعضی از مناطق مانند فرغانه می‌شناختند و آن را از معادن استخراج می‌کردند و به عنوان سوخت کوره می‌فروختند، و از خاکستر آن نیز به عنوان مادهٔ پاك‌کننده استفاده می‌کردند. در مورد نفت و کاربردهای گستردهٔ آن نیز پیشتر به تفصیل سخن گفته‌ایم (فصل ششم).

انواع گوناگون سنگهای قیمتی در سرزمینهای مختلف اسلامی استخراج می‌شد و چگونگی استخراج و به عمل آوردن آنها در بعضی از نوشته‌های آن دوران، بخصوص در کتاب مشهور ابوریحان بیرونی در معدن‌شناسی - الجماهر[۱۵۶] - به تفصیل توضیح داده شده است. یاقوت و لعل را در بدخشان استخراج می‌کردند و از سرندیب نیز وارد می‌کردند، الماس از هندوستان و سرندیب (سیری‌لانکا) می‌آمد، عقیق را از یمن، زمرد و سنگ لاجورد را از مصر، و فیروزه را از نیشابور به دست می‌آوردند. سنگ سنباده را در نوبیه و سرندیب، و کریستال را در عربستان و بدخشان استخراج می‌کردند. صید مروارید با شیرجه زدن در اعماق آبهای دریا یکی از فعالیتهای پررونق بود، و مرجان را هم بیشتر از سواحل افریقای شمالی و سیسیل به دست می‌آوردند.

۹-۲ تکنولوژی معدن‌کاوی

با آنکه فعالیتهای معدنی برای استخراج کانیهای مختلف در سرزمینهای اسلامی بسیار پردامنه بود، تا این زمان کوشش جدی و پیگیر برای مطالعه و بررسی

---

۱۵۶) منظور کتاب مشهور ابوریحان بیرونی، الجماهر فی معرفة الجواهر، در باب زمین‌شناسی و کانی‌شناسی است. - م.

جوانب گوناگون تکنولوژی اسلامی به عمل نیامده است. این نیز یکی دیگر از زمینه‌هایی است که نیاز به پژوهشهایی گسترده و دقیق خواهد داشت. در نتیجه، حفره‌ای جدّی در تاریخ عمومی معدن‌یابی و معدن‌کاوی به چشم می‌خورد، زیرا با وجود آنکه اطلاعات و شواهد باستان‌شناختی نسبتاً وسیعی در مورد فعالیتهای معدنی دوران امپراتوری روم به دست آمده، در مورد دوران طولانی بین قرنهای هفتم و پانزدهم میلادی (اول تا نهم هجری) مطلقاً هیچ‌گونه تحقیق و تعمیقی به عمل نیامده است. نه فقط این حفره باید پر شود بلکه به دلایل علمی و فنی تجدید نظری گسترده در یافته‌ها و نتیجه‌گیریهایی که تاکنون در زمینهٔ تکنولوژی معدنی دورانهای باستانی به عمل آمده نیز لازم به نظر می‌رسد.

بنابراین، در این مبحث امکان دیگری وجود ندارد جز آنکه با تکیه بر سفرنامه‌های باقی‌مانده از جغرافیاشناسان آن دوران و کتابها و رساله‌هایی که مؤلفان اسلامی در مورد تهیه و پردازش سنگهای گرانبها و جواهرات نوشته‌اند، نمایی لزوماً کلی و سطحی از فعالیتهای معدنی تمدن اسلامی به دست دهیم. در اروپا، فقط در ۱۵۵۶ میلادی بود که نخستین کتاب تخصصی دربارهٔ اکتشاف و استخراج معادن به وسیلهٔ آگریکولا نوشته شد: دربارهٔ فلزات[۱۵۷]. پیش از آن، تنها چند کتاب مختصر دربارهٔ استخراج سنگهای قیمتی منتشر شده بود که آنها هم به علت ترجمه‌هایی از متون نوشته‌شده به زبان عربی بودند. البته، توسعهٔ واقعی تکنولوژی معدنی اروپا در دوره‌ای که مورد بحث ماست هنوز آغاز نشده بود.

در سرزمینهای اسلامی تکنولوژی واحدی برای استخراج معادن وجود نداشت، بلکه در هریک از سرزمینهای زیر پوشش تمدن اسلامی روشها و سنتهای خاصی برای معدن‌کاوی وجود داشت و در هر سرزمین نیز این روشها از منطقه‌ای به منطقهٔ دیگر و برحسب نوع و کیفیت کانیهای گوناگون تفاوت می‌یافت. نوع مالکیت معادن نیز در این تنوع روشها و تکنیکهای استخراجی مسلماً بی‌تأثیر نبود. بنابراین، در هریک از کشورهای اسلامی، طیف گسترده‌ای از تکنولوژیهای بسیار ساده و ابتدایی تا روشهای بسیار پیشرفته وجود داشت.

---

157) De re metallica

در فعالیتهای معدنی پیشرفته به طور کلی دو نوع استخراج دیده می‌شد: استخراج از معادن زیرزمینی و استخراجها از معادن سطحی و «سرگشاده». چنین بود که ابوریحان بیرونی می‌نوشت: «برای یافتن لعل (نوعی یاقوت) دو روش وجود دارد: یکی از آنها کندن معدن در زیر کوههاست، و دیگری جست‌وجوی لعل در میان خاکها و سنگریزه‌های ناشی از فروریزی کوهها در اثر زلزله یا فرسایش به وسیلهٔ سیلابها».

در معدنکاوی زیرزمینی، روش معمول این بود که ابتدا میله‌های عمودی در زمین حفره می‌کردند و هنگامی که به رگه‌های غنی می‌رسیدند راهروهایی افقی می‌کندند. در سوریه، میلهٔ معدن را بِرْ می‌نامیدند (یعنی چاه)، و تونل افقی را درب (یعنی راه یا جاده). در کوهستانهای لبنان، عمق میله‌ها به شش تا هفت متر می‌رسید، ولی تونلهای زیرزمینی بسیار طولانی بودند. ولی هنگامی که ادریسی در شمال قرطبه (اسپانیا) از یک معدن جیوه بازدید می‌کرده، به او گفته بودند که عمق میلهٔ معدن از سطح زمین تا کف معدن بالغ بر ۲۵۰ قُلاج[۱۵۸] (در حدود ۴۵۷ متر) است. معدنهایی با ژرفای میانه، بین دو رقم یادشده در بالا، نیز وجود داشته است. بدین ترتیب، در معادن نقرهٔ مغرب عربی، ژرفای متوسط در حد تقریباً ۲۰ ذراع بوده است (در حدود ۱۰ متر). تکنیک حفاری میله‌ها و راهروهای افقی در بیشتر سرزمینهای اسلامی از روش مشهور حفر قناتها الهام می‌گرفت که خود این تکنیک نیز، چنانکه پیشتر هم اشاره کردیم، روشی بسیار ماهرانه و هوشمندانه برای استخراج آبهای زیرزمینی بود.

با این وصف، در استخراج معادن زیرزمینی، معدنچیان اغلب ترجیح می‌دادند چاههای اضافی در شیبهای کوهستانی حفر کنند و آنگاه در امتداد رگه‌ها پیش بروند. این روش، برای معدنکاری که به هزینهٔ شخصی خود فعالیت می‌کرد، هم آسانتر بود و هم کم‌هزینه‌تر. در این زمینه جالب توجه است که بیشتر معدنهایی که دارای میله‌های عمیق بودند جزو داراییهای دولتی محسوب می‌شدند. ابن‌حوقل توصیف زنده‌ای از معادن نقره در پنج‌شیر خراسان به دست می‌دهد و، ضمن آنکه یادآور می‌شود در حدود ۱۰,۰۰۰ نفر در این ناحیهٔ معدنی

---

۱۵۸) واحد عمق‌پیمایی، برابر با تقریباً ۱/۸۴۰ متر. - م.

به کار مشغول بودند، چنین می‌نویسد:

مردم پنج‌شیر سرتاسر کوهستانها و محلهٔ بازار را با چاههای بی‌شماری که در آنجا حفر می‌کردند به صورت آبکش درآورده بودند. آنها فقط دنبال رگه‌هایی می‌گشتند که به نقره منتهی گردد، و اگر به چنین رگه‌ای برمی‌خورند آنقدر به حفاری ادامه می‌دادند تا سرانجام به معدن نقره اصلی برسند. در اینجا، افرادی هستند که هزینه‌ها سنگینی برای حفاری متحمل می‌شوند، ولی اگر به نقره دست یابند نه فقط هزینه‌هایشان جبران خواهد شد بلکه خود و اعقابشان نیز در ثروت غرق خواهند شد. ولی این امکان هم وجود دارد که، به رغم هزینه‌های کلان در اثر برخورد با آبهای زیرزمینی یا به دلایل دیگر، همه چیز خود را از دست بدهند. گاه اتفاق می‌افتد که یک نفر رگه‌ای را دنبال می‌کند و در همان حال یک نفر دیگر نیز از طرف مخالف همان رگه را کلنگ می‌زند! در چنین اوضاع و احوالی رسم و قاعده بر این است که هرکدام از آنها زودتر به معدن اصلی رسید و راه دیگری را سدّ کرد، برنده محسوب می‌شود. به سبب همین نوع رقابتهاست که این مردمان چنان به تلاش و تکاپو می‌پردازند که از عهدهٔ شیطان هم برنمی‌آید. وقتی یکی از دو رقیب، قبل از دیگری به معدن اصلی می‌رسد، کار آن یکی زار است. اما اگر هر دو نفر آنها باهم به معدن برسند، حاصل کار را به طور مساوی تقسیم می‌کنند و تا چراغهایشان می‌سوزد به کار ادامه می‌دهند. ولی اگر چراغهایشان خاموش شود و دیگر روشن نشود، لزوماً باید از کار دست بکشند،چون هرکس که در چنین موقعیتی قرار گیرد بلافاصله جان خواهد سپرد. [در این کاسبی] آدمهایی را خواهید دید که صبح میلیونر هستند و هنگامی که شب فرا رسد آه در بساط ندارند. یا برعکس، افرادی را مشاهده خواهید کرد که صبحگاهان، قبل از شروع به کار، در فقر کامل به سر می‌برند و در شامگاهان صاحب ثروتی بی‌حساب شده‌اند.

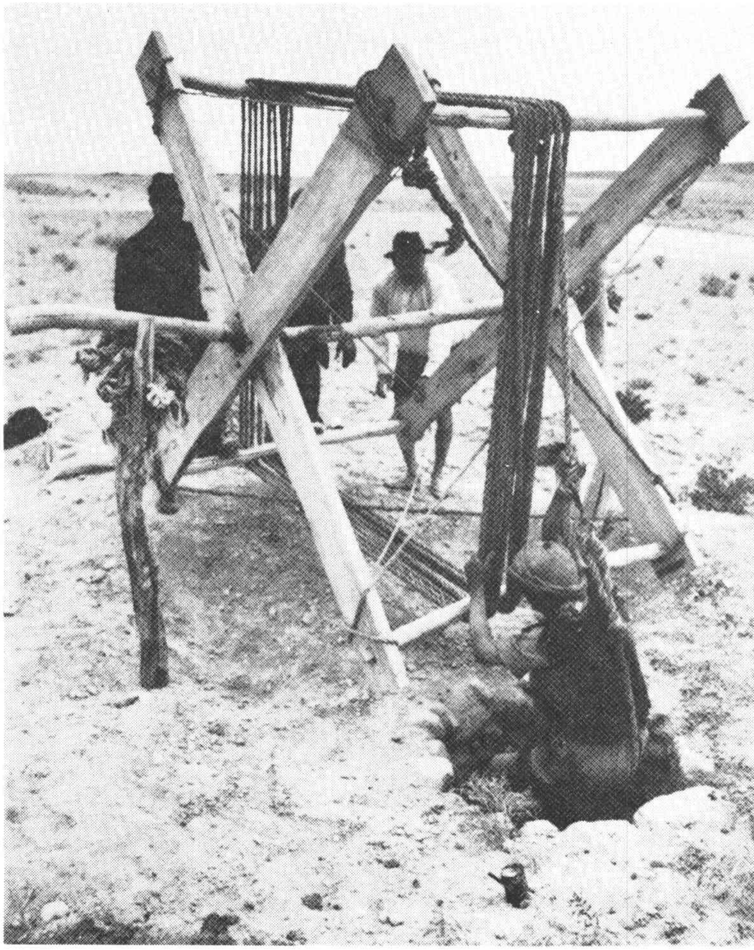
دست‌افزار اصلی معدنچیان نوعی کلنگ بود که به عربی آن را منقار می‌نامیدند (شکل ۲-۹). این کلنگ در یک طرف دارای تیغهٔ بلند و تیزی بود که برای کندن به کار می‌رفت و طرف دیگرش نوعی مشتهٔ چکش‌مانند داشت که برای کوبیدن لبه‌ها به‌کار می‌رفت. همچنین افزارهای دیگری مثل چکشها، قلمها یا مشته‌ها، دیلم، کج‌بیل و خاک‌انداز و غیره نیز در اختیار داشتند. برای بیرون کشیدن مواد معدنی و مواد و مصالح دیگر از عمق میله‌ها از چرخ چاه استفاده می‌کردند و یکی از ساده‌ترین و در عین حال مؤثرترین نوع چرخهای چاه همان است که هنوزهم در ایران برای حفر قنات یا در کارگاههای ساختمانی از آن



۲-۹ کلنگ معدنچیان اسلامی، در تصویری از یک دستنوشتهٔ مربوط به تبریز [ایران] . قرن چهاردهم میلادی (قرن هشتم هجری). کتابخانهٔ دانشگاه ادینبرو.

استفاده می‌کنند (شکل ۳-۹). در این نوع چرخها، یکی از کارگران، سر چاه یا میله می‌ایستد یا روی نیمکتی می‌نشیند و در همان حال که یکی از محورهای افقی را با دست به سوی خود می‌کشد، محور زیرین را با پا در جهت مخالف فشار می‌دهد. مواد استخراج‌شده را در ته چاه معمولاً در انبان کوچکی به قطر تقریباً ۳۰-۳۵ سانتی‌متر می‌ریزند و آن را به وسیلهٔ قلابی به انتهای طناب چرخ می‌آویزند. برای بارهای سنگین‌تر از چرخ تسمه‌های پیشرفته‌تر استفاده می‌کردند (شکل ۴-۹).

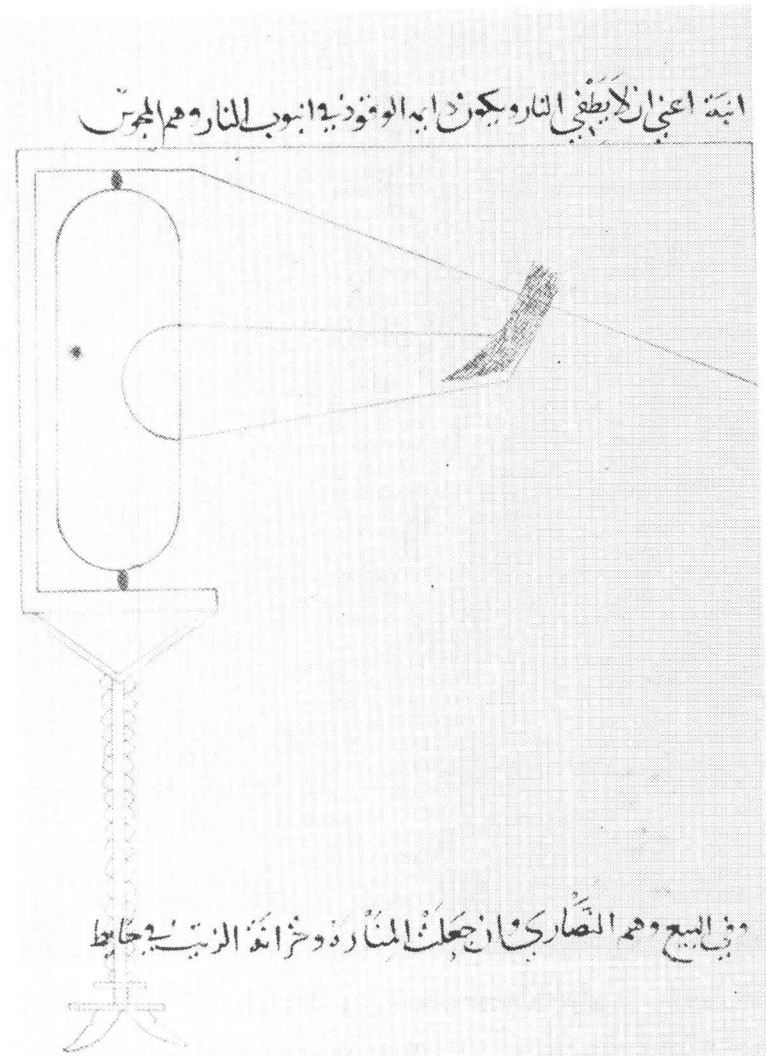
از چراغهای روغنی برای روشنایی عمومی و تعیین جهت حفاری استفاده می‌کردند. چنانکه در مورد معادن نقره پنج‌شیر دیدیم، این چراغها در عین حال وسیلهٔ مؤثری برای نشان دادن وجود هوای تازه در عمق معدنها بود. برای ساختن این چراغها طرحهای بدیع و هوشمندانه‌ای به کار برده بودند. برادران



۹-۳ چرخ چاه، میلهٔ قنات در ایران.

بنوموسی، یک نوع از آنها را که برای استفاده در باد و هوای آزاد طراحی شده بود، بخوبی توصیف کرده‌اند (شکل ۵-۹).

تهویهٔ معادن یکی از مسائل عمدهٔ کار محسوب می‌شد. در پنجشیر، با هزاران معدنچی خرده‌پا که به حساب خودشان فعالیت می‌کردند امکان سرمایه‌گذاریهای لازم برای تأمین تهویهٔ مناسب وجد نداشت و افرادی که با تب و تاب به جست‌وجوی نقره می‌آمدند معمولاً چندان توجهی به مسئلهٔ تهویه نشان نمی‌دادند. بنابراین، به محض آنکه یک چراغ آنها در اثر کمبود هوا در عمق معدن خاموش می‌شد دست از کار می‌کشیدند. ولی در معدنهای دولتی معمولاً



۹-۴ طرحگونه‌ای از یک چرخ تسمه برای بالاکشیدن بارهای سنگین. از یکی‌از دستنوشته‌های تقی‌الدین. قرن شانزدهم میلادی (قرن دهم هجری). کتابخانهٔ چستربیتی، دابلین.

وسیله‌ای برای تهویهٔ معادن می‌اندیشیدند و، بخصوص در معادن عمیق جیوه، تأمین تهویهٔ مناسب الزام‌آور بود. طبق روش مرسوم، یا یک حلقه چاه در محل مناسب برای تهویهٔ تونلهای عمیق حفر می‌کردند یا، آنطور که در روش حفر قناتها در ایران مرسوم بود، از میله‌های متعددی استفاده می‌کردند که در ضمن هوای تازه را نیز به تونل افقی می‌رساندند. ناگفته نماند که این روش تهویه که در ایران مرسوم بود ریشه‌ای بس کهن داشت که به زمانهای پیش از ظهور اسلام



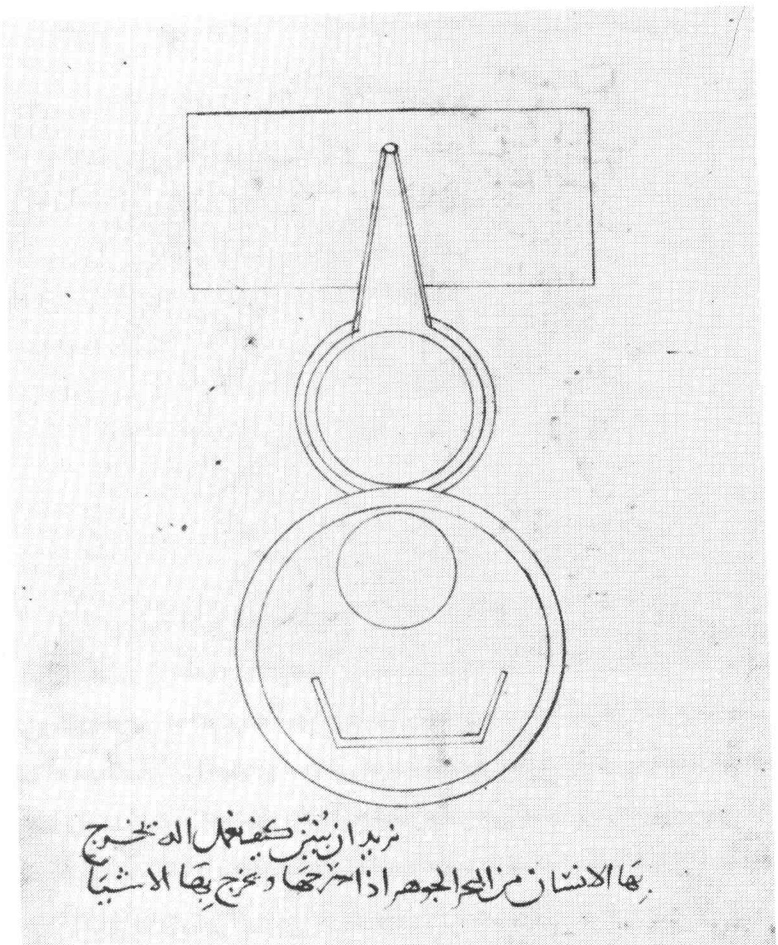
۵-۹ چراغ‌مخصوص معدنچیان با پوستهٔ متحرک. طرح‌از برادران بنوموسی. پوستهٔ خارجی به‌طرزی تعبیه شده بود که می‌توانستند آن را برحسب جهت باد برای حفاظت شعلهٔ چراغ جابه‌جا کنند. قرن نهم میلادی (قرن سوم هجری). کتابخانهٔ دولتی بنیاد فرهنگ پروس، برلن.

می‌رسید. در هر حال، توسعهٔ بهره‌برداری از معادن پس از گسترش اسلام موجب شد که مهندسان سرزمینهای اسلامی توجه بیشتری به مسئلهٔ تهویهٔ معادن نشان دهند و دستگاههای ویژه‌ای برای این منظور طراحی کنند. برادران بنوموسی در یکی از کتابهای خود به توصیف دستگاهی می‌پردازند که به گفتهٔ آنها

برای استفاده در چاههایی ساخته شده بود که هرکس در آنها پایین می‌رفت بی‌چون و چرا جان می‌سپرد. اما اگر کسی از این دستگاه استفاده می‌کرد، به

هنگام پایین رفتن در عمق چاه نه می‌مرد و نه صدمه‌ای می‌دید. این دستگاه بخصوص برای چاههایی ساخته شده که خطرناک یا کشنده هستند. اگر کسی از دستگاهی که اینک شرح می‌دهیم استفاده کند می‌تواند بدون بیم و هراس در هرنوع چاهی فرو برود و هیچ گونه آسیبی هم بر او وارد نمی‌شود (شکل ۶-۹).

یکی دیگر از مسائل مهم در زمینهٔ استخراج معادن زه‌کشی بود. البته، معادن کوچک نقره مانند آنچه در پنج‌شیر وجود داشت از عهدهٔ تحمل مخازن زه‌کشی برنمی‌آمدند، ولی معادن بزرگ دولتی در مغرب دارای تجهیزات زه‌کشی خاص خود بودند. در این باره قزوینی چنین شرح می‌دهد:



۶-۹ نوعی دستگاه تهویه برای استفاده در چاهها و معادن ژرف. این دستگاه از نوعی دَم دستی و لوله‌هایی ساخته شدهَ بود که هوای تازه را به داخل می‌مکید و جانشین گازهای مسموم می‌کرد. طرح از برادران بنوموسی. قرن سوم هجری (قرن نهم میلادی)، کتابخانهٔ دولتی بنیاد فرهنگ‌پروس، برلن.

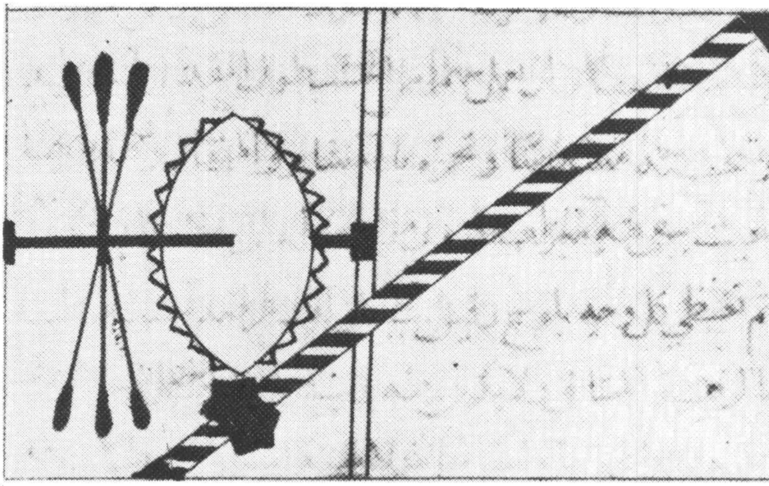
در اینجا معادن نقره فراوان است، و هرکس که مایل باشد می‌تواند به این کار مشغول گردد. عدهٔ زیادی از مردم در معادن زیرزمینی مشغول به کارند. در این معادن، وقتی در حدود ۲۰ ذراع [تقریباً ۱۰ متر] پایین بروید به آب می‌رسید. به فرمان سلطان، چرخهای چاه در این ناحیه کار گذاشته‌اند و به وسیلهٔ آنها زه آب معادن را آنقدر تخلیه می‌کنند تا به گل و لای برسند. کارگران این گل و لای را به سطح زمین می‌آورند و آنها را می‌شویند. سلطان به ازای این خدمت یک‌پنجم از تولیدات معادن را به عنوان سهم خود برمی‌دارد. زه‌کشی در سه مرحله انجام می‌گیرد، چون لااقل ۲۰ ذراع تا سطح زمین فاصله دارد. در این عملیات، کارگزاران سلطان چرخی در داخل چاه در سطح آب کار می‌گذارند و به وسیلهٔ آن آب چاه را می‌کشند و در مخزنی خالی می‌کنند. روی این مخزن چرخ دیگری نصب می‌کنند و به وسیلهٔ آن مخزن اولی را در مخزن دوم که در سطح بالاتری قرار گرفته خالی می‌کنند. روی این مخزن، چرخ دیگری تعبیه می‌شود که آب مخزن دوم را بالا می‌کشد و آن را در سطح زمین جاری می‌سازد تا به مصرف آبیاری کشتزارها و باغها برسد. این نوع زه‌کشی چندمرحله‌ای جز به دست کسی که از ثروت فراوانی برخوردار باشد امکان‌پذیر نیست. سلطان در کنار دهانهٔ چاه می‌نشیند و تعدادی از استادکاران و کارگران را به خدمت می‌گیرد تا گل و لای چاه را بیرون بکشند و آن را در برابر چشمان او بشویند. وقتی کار به پایان رسید، یك‌پنجم سلطان را کنار می‌گذارند و بقیه را به صاحب معدن می‌دهند. اغلب اتفاق می‌افتد که سهم صاحب‌کار از هزینه‌هایی که متحمل شده کمتر باشد. ولی این امکان هم وجود دارد که بیشتر باشد. این امر بسته به تلاشهایی است که هرکس به عمل می‌آورد.

چنان‌که پیشتر دیدیم (فصل ۲)، تکنیک بالاکشیدن آب به وسیلهٔ چرخاب در سرزمینهای اسلامی بسیار پیشرفته بود و بخصوص در شمال افریقا و اسپانیا به حد بالایی از شکوفایی می‌رسید.

مطالبی که از قزوینی نقل کردیم حائز اهمیت است، زیرا نوعی تجدیدنظر اساسی در یافته‌های باستان‌شناسی را ایجاب می‌نماید. چون تقریباً مسلم است که دیگر معادن موجود در اسپانیا ـ در بخشهای مرکزی و جنوبی کشور و در نواحی اطراف قرطبه، آلمادن، اُوِخو، هوئلوا، مرسیه، ایلبیرا ـ و همچنین در شمال افریقا، یعنی در نقاطی که مسلمانان به عملیات گستردهٔ استخراج معادن اشتغال داشتند، معادن بزرگ را به روشی که قزوینی شرح می‌دهد زه‌کشی می‌کرده‌اند.

انواع گوناگونی از چرخهای مخصوص بالا کشیدن آب مورد استفاده قرار می‌گرفت. از جمله: چرخ پرّه‌قاشقی، چرخ کاسه‌دار زنجیره‌ای، پیچ ارشمیدس، تلمبهٔ پیستونی و تلمبهٔ زنجیری. بعضی از این چرخها در فصل دوم همین کتاب مورد بررسی قرار گرفته‌اند، و شکلهای ۷-۹ (الف) و ۸-۹ نیز نماهایی از پیچ ارشمیدس و تلمبهٔ زنجیری، به نقل از کتاب تقی‌الدین، به دست می‌دهند. باستان‌شناسان در یکی از معدنهای نزدیک قرطبه [اسپانیا] به کشف نوعی تلمبهٔ پیچی نایل آمده‌اند که دارای استوانهٔ سربی و پیچ کنفی است، ولی رابرت فوربز بعید می‌داند که این تلمبه آنطور که گفته‌اند متعلق به دورهٔ رومیها باشد.

اینک می‌رسیم به تغلیظ سنگهای معدنی. این فرایند شامل عملیات خرد کردن، آسیاب کردن، غربال کردن و شستن می‌شد. این عملیات به طور معمول در محل معادن و پیش از حمل سنگها به کوره‌های ذوب و ریخته‌گری انجام می‌گرفت. خرد کردن و آسیاب کردن به منظور کاستن از ابعاد قطعه سنگهای معدنی صورت می‌گرفت. در مورد طلا، عمل خرد کردن و آسیاب کردن سنگهای معدنی تا درجاتی بسیار ظریفتر از دیگر فلزات ادامه می‌یافت. آسیاب کردن کانیها در مورد رگه‌های مسطح طلا که همراه با رگه‌های کوارتز به دست می‌آمد اهمیت بیشتری می‌یافت. این عمل به وسیلهٔ دستاسهای غلطان صورت می‌گرفت، و خرد کردن قطعه سنگها نیز به وسیلهٔ کوبه‌های ضامن‌دار انجام می‌یافت که به نیروی آب به حرکت درمی‌آمدند. ابوریحان بیرونی، در کتاب خود الجماهر [فی معرفة الجواهر] که دربارهٔ معدن‌شناسی بود، به تفصیل در باب به عمل آوردن کانیهای طلا سخن می‌گوید. وی می‌نویسد: «طلا ممکن است چنان با سنگ درهم آمیزد که گویی با آن عجین شده است و، بنابراین، نیاز به کوبیده شدن دارد. با آسیابهای گردان می‌توان آن را تا حد غبار خرد و نرم کرد، ولی کوبیدن آن به وسیلهٔ کوبه‌های ضامن‌دار درست‌تر است و روش ظریفتری برای به عمل آوردن فلز گرانبها محسوب می‌شود. این نوع کوبه‌ها عبارتند از سنگهایی که به محورهایی متصل می‌شوند. این محورها ـ همان‌طور که در کارخانهٔ کاغذسازی سمرقند برای کوبیدن ساقهٔ کتان معمول است ـ روی آب جاری تعبیه می‌شوند.» این متن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چون نشان می‌دهد که کوبه‌های ضامن‌داری که به نیروی آب جاری به حرکت درمی‌آمده‌اند،



۷-۹ (الف) چرخ ارشمیدس، تصویر از یکی از دستنوشته‌های تقی‌الدین، قرن‌شانزدهم میلادی (قرن دهم هجری). کتابخانهٔ چِستربیتی، دابلین.

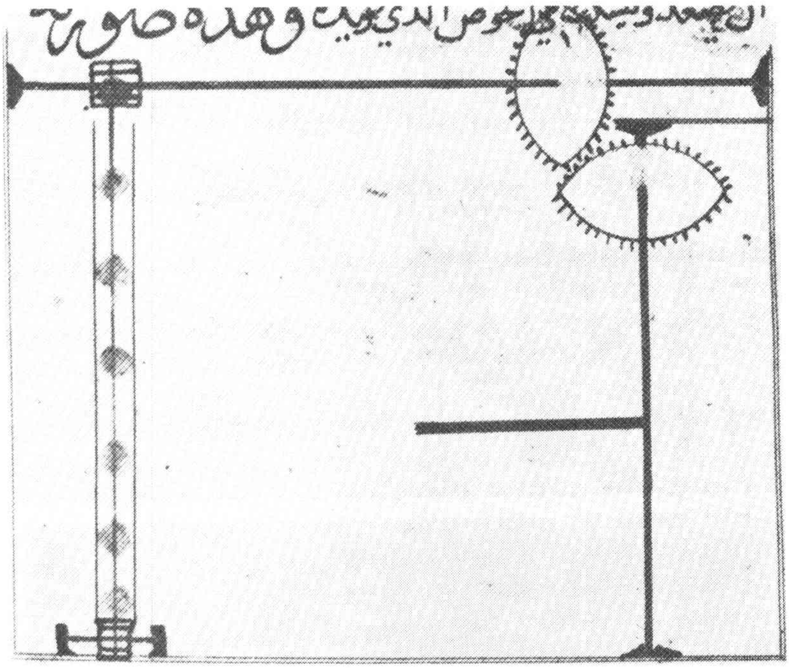


۷-۹ (ب) نوعی چرخ‌ارشمیدس که در مصر برای بالا کشیدن آب از رودخانه به کار می‌رود.

حتی پیش از قرن چهارم هجری (قرن دهم میلادی) برای خرد کردن کانیها به کار می‌رفته‌اند (شکل ۱۵-۸).

۱-۲-۹ مروارید و دیگر منابع زیردریایی

صید مروارید و مرجان یکی از فعالیتهای بسیار پردامنه بود. مرواریدهای خلیج



۸-۹ تصویری از نوعی تلمبهٔ زنجیردار برای بالا کشیدن آب. از دستنوشته‌های تقی‌الدین، قرن شانزدهم میلادی (قرن دهم هجری). کتابخانهٔ چستربیتی، دابلین.

فارس شهرت و خواستاران فراوان داشت و به زعم چینیها بهترین نوع مروارید در جهان بود (شکل ۹-۹). برای صید مروارید، پیمانکاران ویژه‌ای غواصان خبره را برای مدت دو ماه به استخدام درمی‌آوردند و دستمزدهای آنان را به طور منظم می‌پرداختند. این حرفه اغلب منافع هنگفتی به بار می‌آورد، ولی با خطرهای جانسوزی نیز همراه بود و، آنطور که در روایتهای گوناگون آمده است، غواصان مروارید در هر غوطه دشواریهای هولناکی را از سر می‌گذراندند.

ابوریحان بیرونی در الجماهر [فی معرفة الجواهر] عملیات غواصی صیادان مروارید را به تفصیل شرح می‌دهد و از نوعی چرخندهٔ جدید مخصوص غواصی سخن می‌گوید که بسیار جالب توجه است. وی می‌نویسد:

مردی از اهالی بغداد برایم می‌گفت که غواصان آن روزگار روشی برای شیرجه رفتن در اعماق آبها ابداع کرده بودند که آنان را از دشواری حبس نفس می‌رهانید. این روش به آنها امکان می‌داد که از صبح تا شامگاه هرچند بار که بخواهند یا کارفرمایانشان طلب کنند، در دریا غوطه بزنند. در این روش، غواصان از وسیله‌ای چرمی استفاده می‌کنند که آن را روی سینهٔ خود محکم می‌بندند و بعد

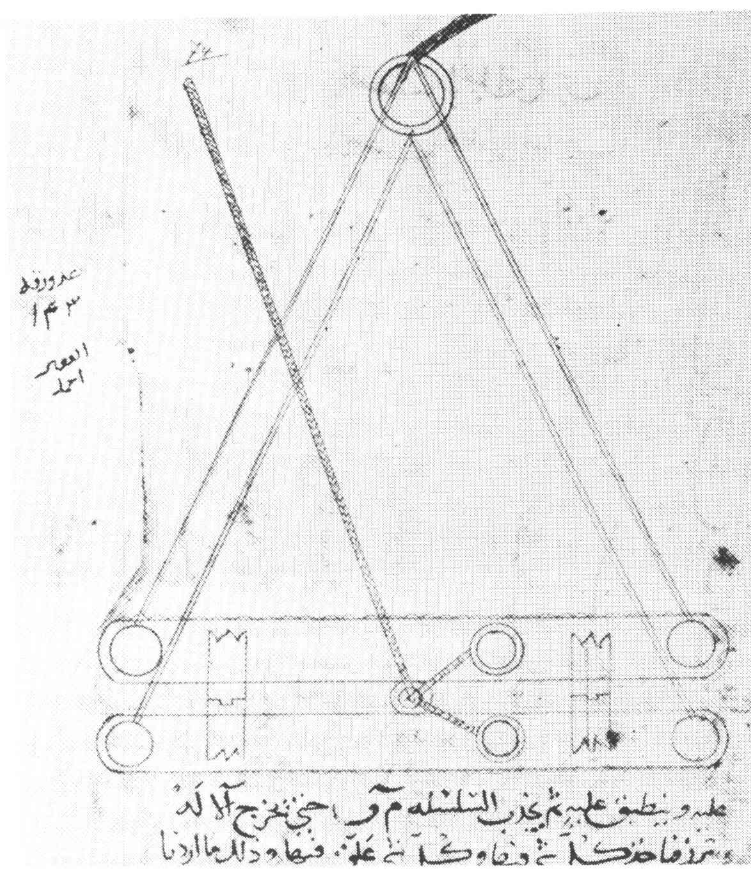


۹-۹ یک صیاد مروارید در بحرین، با گیره‌ای روی بینی که به وی کمک می‌کند نفس خود را هنگام غوطه زدن حبس کند.

شیرجه می‌روند. در زیر آب غواصان از هوای موجود در این دستگاه تنفس می‌کنند. برای فرو رفتن به عمق آب با این مقدار هوا، غواص ناچار می‌بایست وزنهٔ بسیار سنگینی نیز به خود ببندند. ولی روش بهتر و مناسبتر آن است که لوله‌ای چرمی شبیه به آستین را به نحوی روی پیشانی خود ببندند و درزهای آن را با موم و قیر آب‌بندی کنند، و طول لوله را طوری انتخاب کنند که انتهای دیگر آن همواره در سطح آب [و در هوای آزاد] باشد. انتهای آزاد لوله را باید به سوراخی که در کف یک سینی بزرگ وجود دارد متصل کنند. دو یا سه خیک

بادشده را به این سینی بزرگ خواهند بست تا بشقاب را همواره در سطح آب به حالت شناور نگاه دارند. آنگاه غواص از طریق همین لوله تنفس خواهد کرد و تا هنگامی که مایل باشد ــ حتی به مدت چند روز ــ در زیر آب به کار خود ادامه دهد.

دستگاه دیگری به وسیلهٔ برادران بنوموسی طراحی شده بود که آن را در اثر مشهور خود، کتاب الحیل، چنین شرح داده‌اند: «در اینجا شرح خواهیم داد که چگونه می‌توان دستگاهی ساخت که با آن هرکسی خواهد توانست جواهرات را از کف دریا استخراج کند یا در صورت لزوم چیزهایی راکه در چاه یا در ته دریا و رودخانه افتاده باشند بیرون بیاورد». شکل ۱۰-۹ طرحی از این اختراع به دست می‌دهد.



۱۰-۹ ماشین‌لایروبی. تصویر از یک دستنوشتهٔ برادران‌بنوموسی. قرن نهم میلادی (قرن سوم هجری). کتابخانهٔ دولتی بنیاد فرهنگ پروس، برلین.

۳-۹ ذوب و به عمل آوردن فلزات غیرآهنی

از طریق کتابهای کیمیاگران و رساله‌های شیمیایی می‌توان اطلاعات زیادی در مورد آگاهیهای دنیای اسلامی از فلزات غیرآهنی به دست آورد. ارتباط نزدیکی بین کار فلزکاران و متالورژیستها و شیمیدانها وجود داشت و در منابع موجود به زبان عربی بازتاب گسترده‌ای از تجربیات آزمایشگاهی و کارگاهی آن دوران به چشم می‌خورد.

۱-۳-۹ طلا

ابوریحان بیرونی دربارهٔ طلای طبیعی توضیح می‌دهد که به طور معمول ناخالصی‌هایی دربر داشت و می‌بایست آن را از طریق ذوب یا دیگر تکنیکها تصفیه کرد. وی همچنین در مورد روش ملقمه‌سازی نیز که در معادن به مقیاس تجارتی به کار گرفته می‌شد اطلاعاتی دقیق به دست می‌دهد:

> پس از کوبیدن و آسیاب کردن سنگ معدن طلا، از طریق شستن کانیها سنگریزه‌ها را جدا می‌کنند و ترکیبی از طلا و جیوه را در یک قطعه چرم آنقدر می‌چلانند تا جیوه از خلل و فرج چرم به خارج بتراود. جیوهٔ باقی‌مانده را به وسیلهٔ آتش از طلا جدا می‌کنند.

ابوریحان همچنین شرح می‌دهد که چگونه طلا را از ژرفای رود سند استخراج می‌کنند:

> در نقاطی که طلا وجود دارد، گودالهای کوچکی در زیر آب حفر می‌کنند، به نحوی که آب از روی آنها جریان داشته باشد. گودالها را با جیوه پر می‌کنند و مدتی آنها را به حال خود می‌گذارند. بعد، هنگامی که جیوه‌ها مبدل به طلا شده است بازمی‌گردند. علت آن است که در آغاز جریان آب شدید است و ذرات طلا را همراه خود از روی گودالهای پر از جیوه عبور می‌دهد و جیوه ذرات طلا را به خود جذب می‌کند و شن و ماسه را به حال خود می‌گذارد تا با جریان آب بگذرند.

در طبیعت اغلب پیش می‌آید که طلا همراه با نقره باشد. در چنین مواردی

نقره را به وسیلهٔ دومین فرایند تصفیه - سخت کردن[۱۵۹] - از طلا جدا می‌کنند. این فرایند را به زبان عربی طبخ یا تصعید می‌نامند. به گفتهٔ همدانی، ورقه‌های نازک طلا در لابه‌لای ترکیبی از مواد سخت‌کننده که آن را به عربی دواء می‌نامیدند قرار می‌گرفت. دواء به طور کلی عبارت بود از زاج زرد (سولفات گوگرد)، نمک طعام و گرد آجر. این مخلوط را به شدت حرارت می‌دادند. بخار اسید سولفوریک و اسید کلریدریک متصاعد می‌شد، ولی به طلا آسیبی وارد نمی‌آمد بلکه نقره و مس سطحی به کلریدهای نقره و مس مبدل می‌شدند که قابل تفکیک بودند. برای به دست آوردن طلای واقعاً خالص، این عمل را چند بار تکرار می‌کردند. تا چندی پیش، مورخان علم معتقد بودند که این فرایند را برای نخستین بار تئوفیلوس (بین ۱۱۵۰ و ۱۲۰۰ میلادی) شرح داده است. ولی اینک مسلم شده است که همدانی دست‌کم دو قرن پیش از تئوفیلوس فرایند تصعید کانیهای ناخالص طلا را توصیف کرده است. گذشته از این، فرایند یادشده در طول قرن شانزدهم میلادی - یعنی ششصد سال پس از توصیف دقیق و مشروح همدانی - روش متعارف و تصفیه طلا در اروپا بود.

کاربرد تیزاب سلطانی را برای نخستین بار جابر بن حیان توصیف کرده است، ولی نخستین کاربرد آن به مقیاس صنعتی هنوز زمینهٔ پژوهشی بکری به شمار می‌رود.

درجهٔ خلوص طلا را به روشهای مختلف می‌آزمودند. از جملهٔ این روشها می‌توان به سنگ محک، عیارسنجی، و تعیین سرعت انجماد طلا پس از خارج ساختن آن از کوره اشاره کرد.

۲-۳-۹ نقره و سرب

برخلاف طلا، نقرهٔ طبیعی در بطن رسوبات آبرفتی یا در میان شن و ماسه‌های رودها یافت نمی‌شود بلکه باید آن را در مناطق کوهستانی و در بطن رگه‌ها جست‌وجو کرد. با این‌حال، کانی خالص نقرهٔ طبیعی چندان فراوان نبود و

---

159) cementation

مهمترین منبع استخراج این فلز گرانبها سنگ گالن (سولفید سرب) بود که به طور معمول اندکی نقره در خود داشت. کانیهای مخلوط سرب و نقره را پس از استخراج می‌کوبیدند و بعد در کوره‌های مخصوصی که مجهز به دَمِ مضاعف بود حرارت می‌دادند و سرب ذوب‌شده از یک سوراخ خروجی از کوره بیرون می‌ریخت و در مخزنی گردآوری می‌شد. چنانچه مقدار سرب موجود در سنگ معدن نقره زیاد نبود، سرب اضافی به مخلوط می‌افزودند، چون سرب تمایل ترکیبی خاصی نسبت به نقره دارد و هنگامی که همراه نقره ذوب می‌شود، نقش حلال را بازی می‌کند و نقره را از دیگر مواد معدنی همراه با آن جدا می‌سازد. سپس، سرب را در ظرفی قرار می‌دادند و به کوره بازمی‌گرداندند و موجب احیای آن به صورت مونواکسید سرب (لیتارژ) می‌شدند. نقره به صورت شمش باقی می‌ماند و می‌توانستند آن را از کوره خارج کنند. این شمش معمولاً مقدار زیادی سرب دربر داشت و این سرب را از طریق غال‌گذاری (کوپلاسیون) از نقره جدا می‌کردند. کوپل عبارت بود از مقداری خاکستر استخوان سوخته که سرب و ناخالصیهای دیگر را به خود جذب می‌کرد و نقرهٔ خالص برجای می‌گذاشت. در یک روش دیگر، به جای کوپل یادشده، برای تصفیهٔ نقره، از نمک طعام و گرد آجر استفاده می‌کردند. مقدار نقره‌ای که می‌توانستند از معادن سرب استخراج کنند برحسب نوع و محل معدن فرق می‌کرد. در پاره‌ای از گزارشها آمده است که هریک مَنْ لیتارژ تقریباً نیم دانق نقره [معرّب دانگ فارسی که مساوی با یك‌ششم درهم بود - م.] به دست می‌داد (در حدود یک گرم نقره به ازای ۳۱۲۰ گرم لیتارژ).

همهٔ این منابع گوناگون نقره مستلزم کاربرد تکنیکهای متفاوتی بود که ذوب‌گران و شیمی‌دانهای مسلمان بخوبی آنها را مهار کرده بودند و بنابراین به صورت کارشناسان خبرهٔ حرارت دادن، ذوب کردن، اکسید کردن، مایع کردن، قلیاشویی، کوپلاسیون و ملغمه‌سازی عرض‌اندام می‌کردند. در اینجا فرصت آن نیست که به جزئیات امر بپردازیم، همینقدر می‌توان گفت که چنین روشهایی کیمیاگران را مسحور می‌کرد و، به اعتقاد ما، یکی از موجبات عمدهٔ ادبیات کیمیاگرانهٔ پردامنه‌ای بود که از آزمایشهای گوناگون با سنگها (احجار) و فلزات (اجساد) الهام می‌گرفت.

۳-۳-۹ قلع، روی، آنتیموان، و ارسنیک

قلع یکی از هفت فلز چکش‌خور بود که از شبه‌جزیرهٔ مالزی به سرزمینهای اصلی مسلمانان راه یافته بود ـ هرچند واردات قلع از اسپانیا و غرب نیز صورت می‌گرفت.

روی را نخستین فلزکاران و شیمی‌دانهای مسلمان به عنوان یک فلز مشخص نمی‌شناختند. علت هم آن بود که آشنایی آنها با روی و حتی کاربرد گستردهٔ آن به صورت توتیا (اکسید روی) بود که جزو «سنگها» (احجار) طبقه‌بندی می‌شد. بعدها، چنانکه خواهیم دید، به موجودیت مستقل روی (روح‌التوتیا) به عنوان یک فلز معین پی بردند. توتیا به طور معمول عبارت است از اکسید روی خالص که از کربنات روی طبیعی به دست می‌آید. برای استخراج روی از سنگ معدن طبیعی، مؤلفان مختلف روشهای گوناگونی عنوان کرده‌اند. می‌گویند که سنگ معدن را در کوره‌ای که حاوی میله‌های سفالی بلند بود قرار می‌دادند. مقدسی روایت می‌کند که در روستاهای کوهستانی کرمان کوره‌های بلند و عجیبی دیده است که بعدها توجه مارکوپولو را نیز، به هنگام عبور از همان منطقه، به خود جلب کرده بودند. پیش از قرن دهم هجری (قرن شانزدهم میلادی) روح‌التوتیا را به عنوان فلز مستقل شناختند و از ترکیب آن با مس آلیاژی چون برنج به وجود آوردند. بنابراین، روی به عنوان هفتمین فلز به جای خرسینی نشست (رجوع کنید به پاراگراف بعدی)، و ابوالفضل در عین اخباری (چشمهٔ اطلاعات) از چند ترکیب نام می‌برد که در همهٔ آنها روی به‌کار رفته است.

آنتیموآن را از سولفید آنتیموان (Sb_2S_3) به دست می‌آوردند که یکی از عناصر تشکیل‌دهندهٔ آلیاژهای مس بود و طرز تفکیک آن را در کتابهای شیمی آن روزگار شرح داده‌اند.

ارسنیک به عنوان فلز چندان اهمیتی نداشت، هرچند شرحی در باب تهیه «سیماب سولفید ارسنیک»[۱۶۰] وجود دارد که به معنای تهیهٔ فلز ارسنیک از سولفیدهای آن است. در این زمینه بد نیست یادآور شویم که فلزهایی راکه جزو

---

160) mercury of arsenic sulphide

هفت فلز اصلی نبودند با نامهایی ترکیبی چون روح‌التوتیا و «سیماب سولفید ارسنیک» مشخص می‌ساختند. عین همین امر در مورد اسیدهای معدنی مصداق می‌یافت که خود طبقه‌بندی نشده بودند و بنابراین آنها را به نام نمکهایشان می‌شناختند.

۴-۳-۹ مس و آلیاژهایش

مس را به طور معمول از سنگ معدن سولفیدها به دست می‌آوردند، چه کمتر به صورت اکسید یا کربنات یافت می‌شد. استخراج مس از این ترکیبهای آخری نسبتاً آسان بود و فقط با حرارت دادن آنها به وسیلهٔ زغال چوب نتیجهٔ مطلوب به دست می‌آمد، حال آنکه تهیهٔ مس از سولفیدها (زاجات) مستلزم عملیاتی چون برشته کردن، ذوب به کمک مواد گدازآور، و اکسیداسیون جزیی بود. با این حال، در اسپانیا به این کشف نایل می‌آمدند که سنگ معدن سولفیدی در مجاورت هوا و با حضور آب به صورت اکسید درمی‌آید و، سرانجام، سولفاتهای حلال به وجود می‌آورد.» آنگاه، مغربیان کشف کردند که اگر آب حاوی سولفات مس را روی آهن جاری سازند، مس خالص رسوب خواهد کرد و آهن در آن آب حل خواهد شد.» از آنجا که در اسپانیا آهن بسیار فراوان و ارزان بود، این کشف در عمل به پیدایش روش مؤثری برای بازیابی مس از سنگهای معدنی سولفیدی انجامید و از آن پس، استخراج مستقیم مس از معادن طبیعی ضرورت حاد خود را از دست داد.

مفرغ (صَفر، اسفیدروی) یکی از آلیاژهای مس با قلع است. از این آلیاژ برای ساختن ظروف سادهٔ آشپزخانه و لوازم آشپزی استفاده می‌کردند. مسگران نیز این آلیاژ را برای کارها و مصارف گوناگون به کار می‌گرفتند (شکل ۱۱-۹).

برنج (شَبَه) یکی از آلیاژهای مس و روی است. روی به عنوان عاملی که فلز را سخت‌تر و محکم‌تر می‌سازد در این ترکیب به کار مَی‌رود، ولی چکش‌خوارگی این آلیاژ کمتر از مس خالص است. با تغییر درصد روی در آلیاژ می‌توانستند انواع گوناگونی از این فلز به دست آورند. ترکیب مس با ۲۰ درصد روی نوعی برنج به دست می‌داد که تقریباً به رنگ طلا بود. پیش از آنکه روی را به عنوان فلز بشناسند، برنج را از حرارت دادن مس در مخلوطی از پودر



۱۱-۹ چراغدان برنجی مسجد، مزیّن به نوشته‌هایی به خط کُوفی، روی زمینه‌ای مشبک. از عربستان یا بین‌النهرین، قرن دهم تا دوازدهم میلادی (چهارم تا ششم هجری)، دیویدز سملینگ، کپنهاگ.

سنگ‌معدن روی و زغال چوب به دست می‌آوردند. در نتیجه، نسبتی از روی در مجاورت مس، به وسیلهٔ فرایندی شیمیایی که آن را «سخت شدن» (= سیمانتاسیون) می‌نامند، در مس پخش می‌شد. در عین اخباری (چشمهٔ اطلاعات)، راجع به سه نوع برنج که به ترتیب مقدار بیشتری روی در خود داشته باشند چنین می‌خوانیم: اولی به حالت سرد شکل‌پذیر بود، دومی وقتی حرارت می‌دید نرم و شکل‌پذیر می‌شد، ولی سومی به هیچ وجه شکل‌پذیر نبود، ولی می‌شد آن را برای ریخته‌گری به کار برد.

آلیاژ ارزان‌قیمتی هم از ترکیب مس و سرب به دست می‌آوردند. این نوع برنج را برای ساختن اشیای سخت و نه چندان ظریف به کار می‌بردند و ابوریحان بیرونی آن را بتروی می‌نامد، هرچند بعضی دیگر از مؤلفان اسلامی آن را روی نامیده‌اند، و همچنین نام شَبَه مفرغ نیز به آن داده‌اند.

خَرسینی نوعی فلز یا آلیاژ بوده است. آن را یکی از هفت فلز شناخته‌شده می‌دانستند و حدس می‌زدند که از چین آمده است. همهٔ مؤلفان بعدی سرزمینهای اسلامی معتقد بودند که این فلز دیگر وجود خارجی ندارد. سرانجام زمانی فرارسید که در فهرست هفت فلز شناخته‌شده، روی به جای خرسینی نشست، و پاره‌ای از مورخان علم در حال حاضر بر این اعتقادند که خرسینی در واقع همان روی بوده است، هرچند بعضی دیگر خرسینی را نوعی آلیاژ مس و نیکل می‌دانند. طَلیفون نیز فلز یا آلیاژی با ترکیب ناشناخته بود. حتی در زمان ابوریحان بیرونی نیز ماهیت آن هنوز اسرارآمیز بود، هرچند در حال حاضر اعتقاد همگانی بر آن است که در این مورد نیز قدما با نوعی آلیاژ مس سر و کار داشته‌اند.

۴-۹ آهن و فولاد

اهمیت آهن (حدید) در تمدن اسلامی، بخصوص از آن‌جهت جلوهٔ بیشتری می‌یابد که در قرآن مجید نیز از آن یاد شده است (سورهٔ ۵۷): «و آهن را نازل کردیم که در آن صلابت شدید و منفعتها برای مردم هست.» به واقع، آهن را همچون خوراک و پوشاک ضرورتی اساسی می‌دانستند، و همواره منشأ قدرت بود. با آنکه شمشیر دیگر سلاحی اساسی شمرده نمی‌شود، تولید آهن و فولاد هنوزهم یکی از پایه‌های تمدن صنعتی است و در استحکام قدرت نظامی و اقتصادی نقشی بسیار مهم برعهده دارد.

پیشتر دیدیم که معادن آهن در سرتاسر دنیای اسلام، از اسپانیا، در غرب، تا ماوراءالنهر، در شرق، یافت می‌شد و مراکز مهم تولید آهن و فولاد در هرات، بخارا، دمشق، تولیدو، و یمن شهرتی بسزا داشتند. ناگفته نماند که تکنولوژی آهن و فولاد در خاورمیانه پیشینه‌ای درازمدت داشت، ولی با ظهور تمدن

اسلامی این تکنولوژی به شکوفایی رسید و پیشرفتهای چشمگیری حاصل آمد. تا زمانهای اخیر، آهن به سبب همنشینی نامش با شمشیر از جلوه‌ای افتخارآمیز برخوردار بود، و فولاد آبدیده‌ای که برای ساختن این سلاح به کار می‌رفت نام دمشق را بر خوَد داشت. نظیر بسیاری دیگر از مضامین بحث‌انگیز تاریخ عمومی تکنولوژی، موضوع تکنولوژی آهن و فولاد، و بخصوص «فولاد دمشق»، همواره موجب جر و بحثهای گوناگون بوده است. مسئله این است که تکنولوژی آهن و فولاد در سرزمینهای اسلامی را به میزان زیادی نادیده گرفته‌اند و منابع اطلاعاتی فراوانی راکه در این زمینه وجود دارد چنانکه باید و شاید مورد توجه قرار نداده‌اند. حتی بعضی از مؤلفان مدعی شده‌اند که «فولاد دمشق» اصولاً ارتباطی با شهر دمشق و دیگر سرزمینهای اسلامی ندارد.

وسعت موضوع به حدی است که مطرح ساختن دقیق و جدّی آن در اینجا امکان‌پذیر نیست. به عنوان مثال، برایمان مقدور نیست که در چارچوب نوعی بررسی تطبیقی، تکنولوژیهای چینی، هندی و اروپایی را با یکدیگر مقایسه کنیم. بنابراین، ناچار خواهیم بود به نقل مطالبی از منابع و مآخذ عمدهٔ تمدن اسلامی اکتفا کنیم. ولی حتی در چنین شرایطی نیز نتیجه‌گیریهای کلی بدیهی و بی‌چون و چرا خواهند بود. در حال حاضر منابع اطلاعاتی تازه‌ای به دست آمده است، ولی تاکنون بهترین و موثق‌ترین مراجع مربوط به موضوع مورد بحث الکندی و ابوریحان بیرونی بوده‌اند. این هر دو دانشمند و مهندس بزرگ دارای ذهن و اندیشه‌ای نقاد و جستجوگر بوده‌اند و نه فقط افسانه‌سراییها و گفته‌های بی‌پایه و مأخذ را مردود می‌شمردند بلکه دانش علمی زمانهٔ خود را همواره از محک مشاهدات دقیق و آزمایشهای محتاطانه می‌گذراند. رساله‌های جابر، رازی، جلدکی و دیگران در زمینهٔ شیمی و کیمیاگری نیز ارزشمند است و از نظر اعتبار و اهمیت بلافاصله پس از آثار ابوریحان بیرونی و الکندی قرار می‌گیرند. گذشته از این، بسیاری از رساله‌های نظامی و جنگی نیز به دلیل مباحثی که دربارهٔ تولید فولاد و ساخت انواع شمشیرها در آنها یافت می‌شود، حائز اهمیت‌اند، خاصه آنکه روشهای گداختن، و آب دادن لبهٔ فولادین شمشیرها را نیز به تفصیل شرح داده‌اند. علاوه بر اینها، منابع گوناگون دیگری نیز وجود دارد که همهٔ آنها شایستهٔ توجه‌اند.

۱-۴-۹ انواع آهن و فولاد

با مطالعه و بررسی بعضی از منابع فوق‌الذکر به این نتیجهٔ کلی رسیده‌ایم که چهار نوع آهن و فولاد در سرزمینهای اسلامی کاربرد داشته است:

(۱) آهن چکش‌خوار (نرم‌آهن)
(۲) چدن (دوس)
(۳) فولاد شهابی (شبورقان)
(۴) فولاد دست‌ساخت.

آهن چکش‌خوار یا خمیری مقدار کمی کربن دربر دارد. نرم و شکل‌پذیر است، و آن را «مؤنث» می‌دانستند. این نوع آهن را نمی‌شد با تصفیهٔ حرارتی به عمل آورد،و معمولاً در مواردی به‌کارگرفته می‌شد که استحکام و صلابت مورد نیاز نبود. نرم‌آهن یکی از عناصر مهم در فولادسازی بود.

چدن نوعی آهن است که مقدار زیادی کربن در خود دارد. این نکته که مسلمانان واقعاً به ساختن چدن می‌پرداختند، چندان خوشایند مورخان تاریخ تکنولوژی نیست. بنابراین، اشاره به بعضی جزئیات در اینجا لازم به نظر می‌رسد. ابوریحان بیرونی در کتاب خود الجماهر می‌گوید که دوس (چدن) «آب آهن» است، زیرا به هنگام ذوب و استخراج فلز از «سنگ آهن»، همچون آب جریان پیدا می‌کند. رازی نیز چدن را «آب آهن» می‌نامید. جلدکی نیز در تفسیری بر کتاب الحدید (کتاب آهن) جابر بن حیان، توصیف زیر را از طرز تولید چدن ارائه می‌دهد:

> فصل: بدان، ای برادر، که همانا رفیقان شما هستند که پس از استخراج سنگ آهن از معدن، در حالی که آغشته به گِل و خاکی زردرنگ است و رگه‌های آهن به دشواری در آن تشخیص داده می‌شود، آن را در کوره‌هایی که بدین منظور ساخته‌اند ذوب می‌کنند و آهنی به دست می‌آورند که، سپس، آن را در ریخته‌گریها قالب‌گیری می‌کنند. چنین است که آنان سنگ آهن را مخلوط با کمی روغن و قلیایی برای ذوب شدن در کوره‌های مخصوصی قرار می‌دهند که دم‌های نیرومندی در اطراف آنها کار گذاشته‌اند. بعد کوره را آتش می‌کنند و در آن می‌دمند تا سنگ آهن ذوب شود و کل مادهٔ آن (**جسمُه و جسدُه**) از آن گِل و

> خاکی که گفتیم پاک گردد و آنگاه، آهن مذاب را در کوره از سوراخهایی نظیر سوراخهای صافی عبور می‌دهند تا گل و خاک آن جدا شود و آهن تصفیه‌شده به صورت شمش درآید. بعد، این شمشها را به سرزمینها و کشورهای دیگر حمل می‌کنند، مردم آنها را برای ساختن لوازم و اشیاء مور نیاز به کار می‌برند.

خواص این نوع چدن تولیدشده در سرزمینهای اسلامی را ابوریحان بیرونی در کتابی‌که در باب متالورژی نوشته است [**الجماهر فی معرفة الجواهر**] چنین وصف می‌کند:

(۱) وقتی سنگ آهن گداخته می‌شد، این ماده همچون آب جریان پیدا می‌کرد؛
(۲) سخت و نقره‌ای‌رنگ بود، هرچند پودر آن در پاره‌ای از موارد انعکاسی صورتی‌رنگ داشت؛
(۳) برای آهنگری به قصد شمشیرسازی مناسب نبود؛
(۴) قابلیت چکش‌خواری نداشت و در اثر ضربهٔ شدید خرد می‌شد. «تُردی و شکنندگی از خواص آن است»؛
(۵) آن را در بوته با نرم‌آهن مخلوط می‌کردند تا فولاد به دست آورند.

در قرن نهم هجری (قرن پانزدهم میلادی) این نوع چدن را به عنوان مادهٔ خام به فروش می‌رساندند و در اخبار آمده است که در این زمینه دو مرکز تجارتی مهم وجود داشت: یکی در بغداد، و دیگری در استخر (تخت‌جمشید).

آهن شهابی به وفور در ادبیات سرزمینهای اسلامی مورد اشاره قرار گرفته، ولی مؤلفان همراه تذکر داده‌اند که این نوع آهن بسیار کمیاب بوده است.

فولاد دست‌ساخت، نوعی مادهٔ آهنی است که مقدار کربن موجود در آن بین نرم‌آهن و چدن باشد. یکی از روشهای ساختن این نوع فولاد آن بود که شمشهای نرم‌آهن را با زغال چوب مخلوط می‌کردند و آنقدر حرارت می‌دادند تا آهن کربن کافی جذب کند. این همان روشی است که آن را «سخت کردن» یا سمانتاسیون می‌نامند. ولی به طور معمول فولاد را به حالت گداخته تهیه می‌کردند، و در مراکزی که این روش را به کار می‌بردند، به یکی از چند راه‌حل زیر متوسل می‌شدند:

(۱) با کربن دادن به نرم‌آهن (که چگونگی آن را پیشتر شرح داده‌ایم)؛
(۲) با کربن گرفتن از چدن؛
(۳) با گدازش مخلوطی از نرم‌آهن و چدن، که برحسب درجهٔ گدازش مخلوط دو نوع فولاد با کیفیتهای متفاوت به دست می‌آمد.

پیشتر تفسیری بر شرح جابر بن حیان دربارهٔ تولید چدن را از زبان جلدکی نقل کردیم. اینک بد نیست همان تفسیر را دنبال کنیم تا ببینیم چگونه شمشهای چدن را به طریقهٔ کربن‌گیری برای فولادسازی به کار می‌بردند:

و امّا دربارهٔ کارگران فولادسازی باید دانست که آنها شمشهای چدن را در کوره‌های مخصوص ذوب فلزات که در کارگاههای فولادسازی موجود است قرار می‌دهند و آنقدر آتش روی آن می‌دمند [یعنی روی شمشهای چدن] تا به صورت آب جوشان درآیند. بعد این مایع را با شیشه، روغن و قلیایی تغذیه می‌کنند تا درخشش آن در آتش ظاهر گردد و سیاهیهای آن در اثر گدازش شدید شبانه‌روزی زایل شود. در حالی که مایع همچنان می‌جوشد و می‌چرخد، آن را به دقت می‌پایند تا نشانه‌های کمال در آن آشکار گردد و چراغش روشن شود و به نورافشانی پردازد. آنگاه، این مایع را از راه دریچه‌های مخصوصی به خارج از کوره هدایت می‌کنند و می‌گذارند تا به صورت شمش منجمد گردد یا به سوی قاشقکهایی که در گل رس به صورت بوته ساخته‌اند جاری شود. بعد، از درون این قاشقکها فولاد تصفیه‌شده را که به صورت تخمهای شترمرغ درآمده است برمی‌گیرند و با آن شمشیر، کلاهخود، سرنیزه، و انواع آلات و افزارهای دیگر می‌سازند.

این نوع تصفیه آهن، با توجه به سیاهی رنگ آن، آشکارا نوعی فرایند کربن‌گیری بوده است، خاصه آنکه در یکی از فرهنگهای کلاسیک زبان عربی به نام لسان‌العرب نیز فولاد را آهن تصفیه‌شده معنی کرده‌اند.

روش دیگر فولادسازی مذاب، یعنی کربن‌دهی به نرم‌آهن را ابوریحان بیرونی در کتاب مشهور خود [الجماهر ...] شرح داده است:

مزید بن علی، آهنگری از اهالی دمشق، کتابی دربارهٔ شمشیرها نوشته است که مشخصات آنها را الکندی در رسالهٔ خود آورده است. وی کتاب خود را با شرحی دربارهٔ ترکیب فولاد، ساخت کوره، و همچنین ساخت و طراحی بوته‌ها، تشریح انواع گل رس، و چگونگی تشخیص آنها از یکدیگر شروع می‌کند. بعد توضیح می‌دهد که در هر بوته باید پنج رطل [۲/۵ کیلوگرم] نعل اسب قرار داد، و

همچنین میخهای آنها را که از نرم‌آهن ساخته می‌شوند [کلمهٔ فارسی برای آهن شکل‌پذیر]، و نیز معادل ده درهم [۳۱ گرم] از روسوختج[۱۶۱] [نوعی سنگ معدنی طلایی‌رنگ که به احتمال زیاد پیریت آهن بوده است] و منیزی [اکسید منیزیوم] تُرد و نرم. بوته‌ها را با گل رس اندود می‌کنند و درون کوره قرار می‌دهند. آنها را با زغال چوب پر می‌کنند و به وسیلهٔ دمهای رومی که هریک دو عامل دارد آنقدر بر آنها [یعنی بوته‌ها] می‌دمند تا آهن ذوب شود و به چرخش درآید. بعد، بسته‌هایی حاوی هلیله [نوعی گیاه قابض که در دباغی به کار می‌رود]، پوست انار، نمک خمیر، و پوستهٔ صدف دریایی [اصدف اللؤلؤ، به معنای تحت‌اللفظی «صدف‌مروارید»] به نسبت مساوی و خردشده، به‌طوری که هر بسته ۴۰ درهم [۱۲۵ گرم] وزن داشته باشد، به آهن مذاب می‌افزاییم. یک بسته از مواد یادشده را در هریک از بوته‌ها می‌اندازیم. بعد آتش زیر بوته‌ها را به مدت یک ساعت به شدت می‌دمیم. سپس، آنها [یعنی بوته‌ها] را به حال خود می‌گذاریم تا خنک شوند و «تخمهای شترمرغ» را از درون آنها برمی‌داریم.

سومین روش ساختن فولاد مذاب در بوته را نیز که با استفاده از مخلوط نرم‌آهن و چدن انجام می‌گرفت، ابوریحان بیرونی شرح داده است. این روش بیشتر در هرات معمول بود و دو نوع فولاد با کیفیتهای متفاوت حاصل آن بود. یکی از آنها حاصل ذوب دو مؤلفهٔ پیشگفته به مقدار مساوی بود و ترکیب آنها به صورتی درمی‌آمد که هیچیک از آنها قابل تشخیص از دیگری نبود. ابوریحان بیرونی می‌گوید که این نوع فولاد بیشتر به درد ساختن سوهان و افزارهایی نظیر آن می‌خورده است. نوع دوم در صورتی به دست می‌آمد که درجهٔ ذوب چدن و نرم‌آهن متفاوت بوده باشد «و بنابراین اختلاط متقابل دو مؤلفه کامل نیست، و رنگهای مختلف هریک از آن دو ماده را با چشم غیرمسلح نیز می‌توان تشخیص داد و این را فِرِند [طرح[۱۶۲]] می‌نامند.

---

۱۶۱) به ظن قوی این اصطلاح نیز مانند «نرم‌آهن» و «بوته» و غیره فارسی است (روسوخته) که معرب آن به صورت «روسوختج» درآمده است - به قیاس با «برنامه» فارسی که معرب آن به صورت برنامج درآمده است. - م.

۱۶۲) بر اساس فرهنگهای فارسی این کلمه را «فَرَند» به فتح خا و را نیز تلفظ کنند که معرّب کلمهٔ فارسی «پَرَند» است به معنای نوعی پارچهٔ ابریشمی موج‌دار، که همین امر نیز وجه تسمیهٔ فولاد مورد بحث را، که بنا بر توضیح ابوریحان بیرونی موج‌دار به نظر می‌رسد، کاملاً روشن می‌سازد. معادلی که مؤلفان کتاب حاضر برای آن قائل شده‌اند (pattern) در اینجا گویای طرح کلّی یا طرح آرایش اجزا و عناصر یک شئ معین است. - م.

اصالت بعضی از این متون پراهمیت به وسیلهٔ گزارشها و سفرنامه‌های جهانگردان و ناظرانی که در قرن گذشته طرز ساختن فولاد بوته‌ای در بخارا را توصیف کرده‌اند به تأیید رسیده است. در ۱۸۲۰، آناسونوف کارشناس روسی، در بخارا بوده و تصدیق کرده است که فولاد بوته‌ای را از طریق کربن‌دهی به نرم‌آهن با زغال چوب و دیگر مواد آلی می‌ساخته‌اند. بعد از او، در سال ۱۸۴۱، ماسالکی، روسی دیگری که او نیز کارشناس متالورژی بوده، پس از سفر به بخارا می‌نویسد که در آنجا فولاد دمشقی را از طریق مخلوطی از نرم‌آهن و چدن (درست به همان طریقی که ابوریحان بیرونی در ۹۰۰ سال پیش از هرات گزارش کرده است) می‌سازند، و فراموش نکنیم که هرات چندان دور از بخارا نیست. زمانی بود که ناظران این گزارشها را ضد و نقیض می‌دانستند، ولی اینک روشن شده است که هیچ گونه تناقض‌گویی در کار نیست. فولادهایی، که دارای کیفیتهای متفاوت بوده‌اند، با مواد و مصالح متفاوت و روشهای متفاوت ساخته می‌شدند.

۲-۴-۹ شمشیر دمشقی و فِرِند آن

به اعتقاد سیریل استنلی اسمیت[۱۶۳]،مورخ مشهور متالورژی[۱۶۴]، «در قیاس با اهمال نسبی فلزپردازان[۱۶۵] اروپایی در مورد ساختار مواد فلزی، توجه و دقت مشرق‌زمینیان به جلوه‌های صوری فلزات و استفاده از آنها چشمگیر است. در شرق، سعی در نقش‌دار نشان دادن [فولاد] از طریق ایجاد تنوع در ترکیب آن همزمان بود با کوششی که اروپائیان برای ایجاد تیغه‌های موج‌دار در سلاحهای بُرنده به‌کار بستند و، بنابراین، به طور مداوم تا سطحی بسیار عالی و هنرمندانه ارتقاء یافت. عالیترین سطح هنرنمایی در این زمینه همان روش مشهور به

---

163) Cyril Stanly Smith

۱۶۴) Metallurgy، به مفهوم کلی ذوب و به عمل آوردن فلزات است که در پاره‌ای از متون فارسی آن را با ضبط آوایی نادرست «متالوژی» نوشته‌اند، و در برنامه‌های درس دانشگاهی نیز گاه آن را «تکنولوژی مواد» نامیده‌اند که تعبیر درستی از واژهٔ مورد بحث به نظر نمی‌رسد. - م.

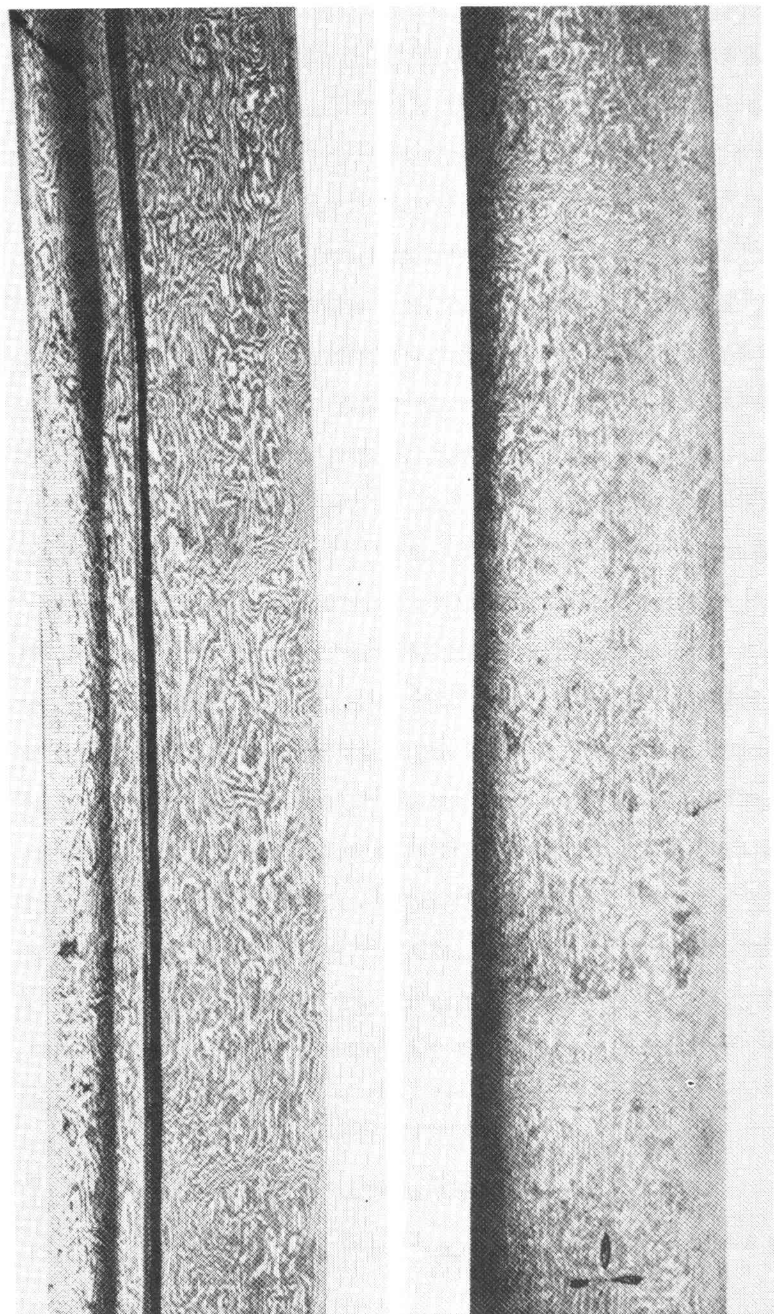
165) metallurgists

شمشیرهای دمشقی بود که در تمام سرزمینهای اسلامی و همچنین در هند با چیره‌دستی به‌کار گرفته می‌شد (شکل ۱۲-۹). این اسم، به سبب کیفیت عالی و مرغوبیتی که القا می‌کرد، به همهٔ شمشیرهایی که دارای تیغهٔ موج‌دار بودند اطلاق می‌شد. کشورهای اسلامی به مقیاس وسیعی سیاست واردات و صادرات فولاد و انواع شمشیرها را اعمال می‌کردند و در این زمینه ارتباطهای مستحکمی با هند برقرار شده بود. ابوریحان بیرونی می‌نویسد که فولاد قاشقی را در هرات تولید می‌کردند و آنگاه به هند می‌فرستادند، و ادریسی نیز می‌گوید که فولاد را از مغرب به هند وارد می‌کردند. به طور کلی، گزافه‌گویی نخواهد بود اگر بگوییم که سرزمینهای اسلامی و شبه‌قارهٔ هند، دست‌کم تا آنجا که به فولاد دمشقی مربوط می‌شد، نوعی منطقهٔ فرهنگی واحد محسوب می‌شدند.

ناگفته نماند که شمشیرهای موج‌دار (دارای نقش یا جوهر) پیش از ظهور اسلام نیز رایج بود. عمر القیس (وفات، تقریباً در ۴۵۰ میلادی) از نوع فِرَند شمشیر سخن می‌گوید که به جای پای مورچه‌ها شباهت داشته است، و شاعر دیگری که معاصر اوست، عاص بن حجر، می‌سراید که تیغهٔ چنین شمشیرهایی همچون سطح برکه‌ای است که آبهای آن در اثر باد به تموج درآمده باشد. در ادبیات عرب، زیبایی و شکوه شمشیر موج‌دار همواره منبع الهامات شاعرانه بوده است. با این‌حال، نکته‌ای که ذکر آن را لازم می‌دانیم این است که تولید فولاد دمشقی در طول قرنهای متمادی یکی از تخصصهای بی‌چون‌وچرای دنیای اسلام و همچنین هند بوده است. سیریل اسمیت خاطرنشان ساخته است که «توزیع جغرافیایی این نوع شمشیرها ظاهراً مقارن با گسترش معتقدات اسلامی بوده و ساخت آنها حتی در قرن نوزدهم میلادی نیز ادامه داشت».

در اروپا فولاد را در کوره‌هایی با آتشدان باز و به روش کربن‌دهی به نرم‌آهن انجام می‌دادند. برای تقلید از موجهای شمشیرهای دمشقی، آنها [اروپائیان] به این شگرد متوسل می‌شدند که نوارهایی از آهن و فولاد را در کنار هم قرار دهند و بعد آنها را به یکدیگر جوش دهند. ولی این‌گونه تقلیدها هرگز با کیفیت و جلوهٔ تیغهٔ شمشیرهای دمشقی اصیل قابل قیاس نبود.

چدن برای نخستین بار در قرن پانزدهم میلادی در اروپا تولید شد، و فولاد بوته‌ای در قرن هجدهم. ولی فولادی قابل مقایسه با کیفیت فولاد دمشقی



۹-۱۲ پرَندها، یا موجهای دو تیغهٔ فولادین شمشیرهای «دمشقی» ساخت ایران در قرن هفدهم میلادی (قرن یازدهم هجری). موزهٔویکتوریا و آلبرت، لندن.

به دست نمی‌آمد و در طول بیش از ۱۵۰ سال بسیاری از متالورژیستهای اروپایی کوششها و تحقیقات وسیعی به کار بردند تا کشف کنند که چرا چنین توفیقی دست نمی‌دهد. حتی دانشمندان نامداری مانند فاراده نیز در این پژوهشها سهیم بودند. سیریل اسمیت، در بحث مربوط به کوششهای اروپاییان برای تقلید فولاد دمشقی، خاطرنشان می‌سازد که این تلاشها در عمل بی‌فایده ماند و ساخت فولاد دمشقی اصیل میسر نشد. آنچه بعدها پیش آمد، به گفتهٔ سیریل اسمیت، آن بود که «اروپاییان سرانجام از تقلید فولاد دمشقی چشم پوشیدند و فولادسازان اروپایی تکنیکهای خاص خود را به وجود آوردند و با پدید آمدن فرایندهای بِسمر[۱۶۶] و زیمنس ساخت فولادهایی همگن توفیق یافتند که برای تولید به مقیاس وسیع مناسبتر بود.»

با این وصف، تلاشهای یادشده بی‌فایده نبود، چه دست‌اندرکاران فولادسازی به کشف ساختار فولاد دمشقی نزدیکتر شده بودند. به گفتهٔ سیریل اسمیت، «تیغه‌های شمشیرهای دمشقی از فولادی با نسبت کربن بسیار بالا (در حدود ۱/۵ تا ۲ درصد) ساخته می‌شد و زیبایی و بُرندگی خود را نیز مدیون ساختار درونی قطعه فولادهایی بودند که برای ساختن آنها به کار می‌رفت.» شکل ۱۲-۹ دو نوع از این تیغه‌های موج‌دار را نشان می‌دهد. سیریل اسمیت می‌افزاید: «بخشهای روشن تیغه حاوی بسیاری ذرات کاربید آهن (حاصل سمانتاسیون) بود، حال آنکه بخشهای تاریک آن از جنس فولادی دارای کربن عادی بود (تقریباً شبه اوتکتیک[۱۶۷] [یعنی منجمدشونده در دمای پایین مانند فولاد حاوی کربن بسیار کم]). ساختار موجی البته پس از پرداخت با آب اسید (که به وسیلهٔ محلولی از سولفاتهای معدنی انجام می‌گرفت) جلوه‌گر می‌شد». حیرت‌آور است که این تفسیر مدرن از فِرَند چقدر نزدیک به تفسیری است که ابوریحان بیرونی ارائه می‌داد.

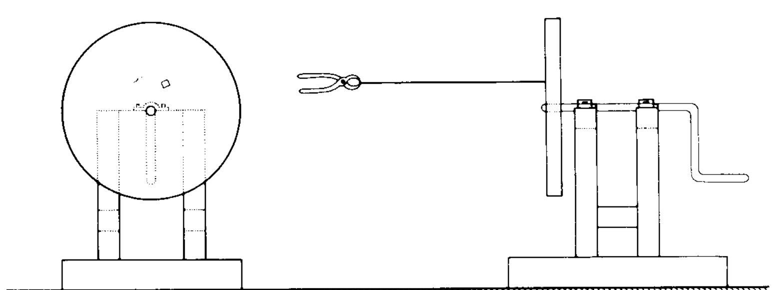
۹-۴-۳ شمشیرها و لوله‌های درزجوش توپ دمشقی

یکی دیگر از تکنیکهای زیبایی که در آخرین قرنهای تمدن اسلامی در هند و

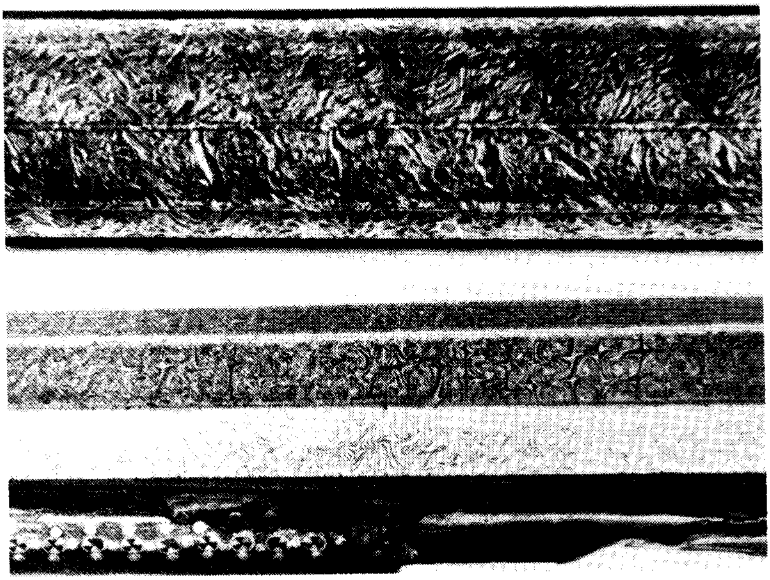
---

166) Besmer 167) eutectoid

جهان اسلام به شکوفایی رسید، تکنیک جوشکاری برای شمشیرها و لوله‌های تفنگ بود. این تکنیک بکلی با روش ساخت فولاد دمشقی تفاوت داشت، ولی آن را «دمشقی» می‌نامیدند. سیریل اسمیت چنین می‌پندارد که «این تکنیک در قرن شانزدهم میلادی در خاور نزدیک به وجود آمده، و این نوع لوله‌ها حتی در اوایل قرن نوزدهم نیز یکی از فراورده‌های مشهور آهنگران کشمیری محسوب می‌شد.» شکل ۱۳-۹ نوعی نَوَرد مخصوص تاب دادن و حلقوی کردن نوارهای فولادی را نشان می‌دهد که حاج مصطفی، آهنگر مشهور ایرانی در استانبول برای ساختن لولهٔ تفنگ از آن استفاده می‌کرد. شکل ۱۴-۹ (الف) جزئیات لولهٔ موج‌دار نوعی تفنگ چخماقی ایرانی و شکل ۱۴-۹ (ب) لولهٔ موج‌دار یک تفنگ ساخت ترکیه را نشان می‌دهد. ساخت این نوع لوله‌های تفنگ در اروپا از قرن هجدهم میلادی شروع شد، و در طول این قرن و قرن بعدی نیز حداکثر کوشش و تلاش به عمل آمد تا این تکنیک را چه برای ساختن لولهٔ تفنگ و چه برای ساختن تیغهٔ شمشیر به کار گیرند. در سال ۱۷۹۸، ویلیام نیکلسن به ساخت نوعی فلز با بافت دمشقی نایل آمد که آن را از تحت فشار قرار دادن مخلوطی از براده‌های فولاد و نرم‌آهن در یک قالب به دست می‌آورد و مرحلهٔ آخر کار او عبارت بود از وارد آوردن ضربهٔ نهایی سنبه به نحوی که مادهٔ تحت فشار به درجهٔ حرارت جوشکاری برسد، در همین مرحله مادهٔ تحت فشار را به روش گرمکوبی به صورت آهن ورق درمی‌آورد. چنانکه سیریل اسمیت گفته است، این روش را می‌توان پیش‌مرحلهٔ جالبی از متالورژیِ گَردی دانست. ولی اجازه بدهید که شرح زیرین را هم که دربارهٔ یک روش معمول در قرن چهارم هجری (قرن دهم میلادی) است بخوانیم. این روش در سرزمینی معمول بود که



۱۳-۹ نورد مخصوص تاب دادن نوارهای فولادی برای ایجاد فولاد پیچکی، متعلق به یک تفنگ‌ساز ایرانی در استانبول در اوایل قرن نوزدهم میلادی. نمای قائم (چپ)، مقطع (راست). قطر حلقهٔ نورد تقریباً ۱۹ سانتی‌متر بود.



۹-۱۴ دو نمونه از لولهٔ تفنگ دمشقی درزجوش. (بالا) یک لولهٔ تفنگ چخماقی قرن هفدهم میلادی از سرزمین سند، که لولهٔ آن را به احتمال زیاد در شیراز ساخته بودند. از مجموعهٔ والاس، لندن. (پایین) تفنگ چخماقی ترکی. قرن نوزدهم میلادی، موزهٔ ویکتوریا و آلبرت، لندن.

امروز پاکستان نامیده می‌شود، و ابوریحان بیرونی آن را چنین توصیف می‌کند:

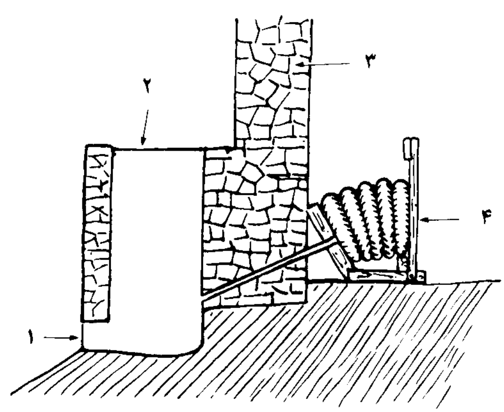
> از یکی از اهالی ارض سند شنیدم که می‌گفت همسایهٔ آهنگری است که به ساختن شمشیر اشتغال دارد. وی می‌گفت در ضمن مشاهدهٔ طرز کار آهنگر متوجه شده که مادهٔ اولیهٔ شمشیرها عبارت است از نرم‌آهن، و آهنگر نوعی دوای گَردمانند و بسیار نرم را که اندکی قرمزرنگ به نظر می‌رسید روی آن می‌پاشید. بعد با فشردن گرد به عمق بیشتری از نرم‌آهن آنها را به هم جوش می‌داد. سپس آن را از جای برمی‌داشت و از طریق گرمکوبی آن را به صورت مفتول درمی‌آورد و همچنان از آن گرد می‌پاشید و این کار را چند بار تکرار می‌کرد. او می‌گفت...: آنگاه از او پرسیدم آن گرد چه بود؟ و او نگاهی ریشخندآمیز به من انداخت. آنگاه من سخت در این باب به غور و تأمل پرداختم و سرانجام دریافتم که آن گرد چدن [دوس] بوده است که مرد آهنگر آن را با نرم‌آهن مخلوط می‌کرده و از طریق گرمکوبی آنها را درهم جوش می‌داده است تا [نوعی فولاد] شبیه به فولاد قاشقکی از آن نوع که در هرات از طرق ذوب می‌سازند به دست آورد.

۹-۴-۴ کوره‌ها، بوته‌ها و دیگر تجهیزات

در بررسی اجمالی تجهیزات مخصوص کیمیاگری (فصل ششم) به اطلاعات گوناگونی اشاره کردیم که تا حدودی چونی و چندی تجهیزات و آلات و ادوات

متالورژی اسلامی را نیز روشن می‌کند. عمل تصفیه یا استزال (فصل ششم - تصفیه)، در بیشتر موارد مرتبط با عمل ذوب سنگ معدن برای استخراج فلزات (اجساد) بود، و به گفتهٔ رازی «برای ذوب فلزات و سنگها و همچنین برای به عمل آوردن نهایی این فلزات» تجهیزات ویژه‌ای وجود داشت. ذوب آهن در کیمیاگری یکی از مهمترین عملیات محسوب می‌شد و به جرئت می‌توان گفت که تجهیزات خاص کیمیاگری را می‌توان نمونهٔ کوچک تأسیساتی دانست که تجهیزات متالورژی امروزین را تشکیل می‌دهند، و در بعضی از موارد، چنانکه بزودی خواهیم دید، حتی جزئیات ساختاری این تجهیزات نیز مشابه است.

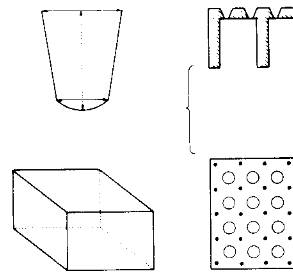
تولید آهن از سنگ معدن با استفاده از کوره‌های دَمِشی صورت می‌گرفت، ولی فقط پژوهشهای بعدی نشان خواهد داد که طرح کلی این کوره‌ها چگونه در سرزمینهای اسلامی تحول یافت. با وجود این، هم‌اکنون نیز بخوبی می‌دانیم که چدن را پیش از قرن چهارم هجری (قرن دهم میلادی) به همین روش تولید می‌کردند، و چنانکه پیشتر هم دیدیم (فصل نهم، ۱-۴)، جلدکی توصیف مبسوطی از فرایند ذوب آهن ارائه کرده است، و مورخان نیز خبر از تجربیاتی داده‌اند که در سالهای آخر قرن دهم هجری (قرن شانزدهم میلادی) در مصر برای ریخته‌گری توپ به عمل می‌آمده است. در اواخر قرن دوازدهم هجری (هجدهم میلادی)، نوعی کورهٔ دَمِشی در کوهستانهای لبنان وجود داشته که ۱۶ وَجَب (۳/۸۴ متر) ارتفاع و ۷ وجب پهنا (۱/۷۸ متر) برای آن برشمرده‌اند. این کوره با مصالح بنّایی ساخته شده بود و بیست نفر کارگر شاغل داشت. لایه‌های چوب



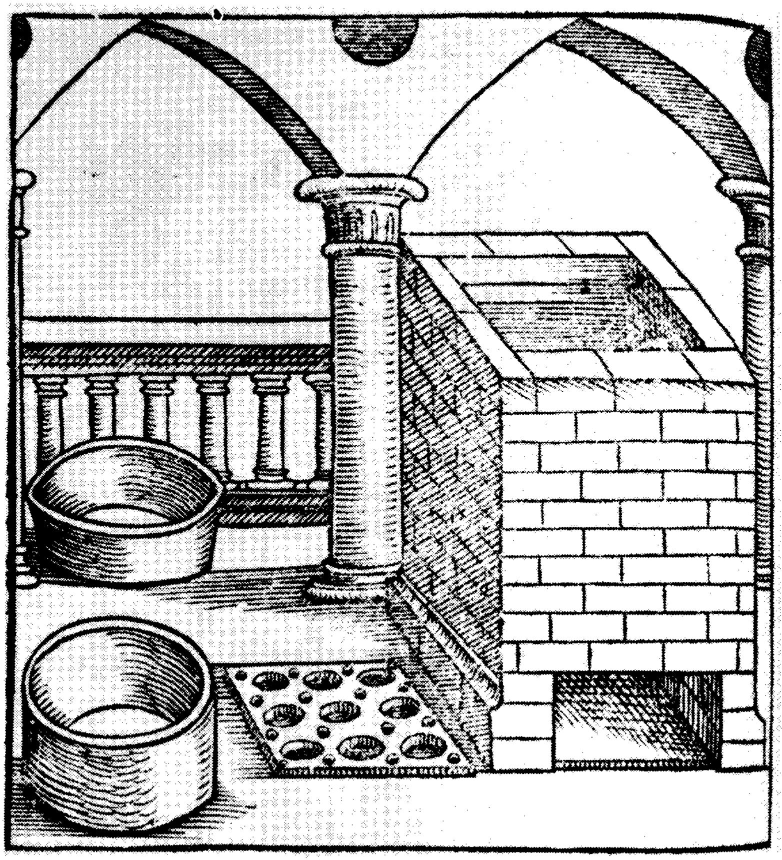
۹-۱۵ طرح یک کورهٔ دَمِشی کوچک روستایی در کوههای اطلسِ مراکش، در ۱۹۲۰. کوره در کف خود دارای سوراخ کوچکی بود که ابتدا سرباره‌ها و سپس آهن مذاب از آنجا به خارج سرازیر می‌شد (۱). در بالای کوره، دریچهٔ بزرگ (۲) قرار داشت که از آنجا سنگ معدن و زغال چوب را به درون کوره منتقل می‌کردند و دودها هم از همانجا خارج می‌شد. دیوار بلند پشت کوره (۳) نیز به شعله‌ور شدن آتش کمک می‌کرد و در عین حال کارگر مخصوص دمیدن هوا به کوره را نیز از حرارت آتش در امان نگاه می‌داشت.

تر و سنگ آهن را در کوره روی هم می‌چیدند، و دو دَمِ افقی با یک خروجی مشترک هوای لازم را به کوره می‌دمیدند. هریک از این دَمْها به وسیلهٔ یک عامل کار می‌کرد. آهنی که در کف کوره متراکم می‌شد به مقادیر کم از کوره خارج می‌شد. بعد، کربنَ این آهن را در چند کورهٔ سرگشاده می‌گرفتند و آن را در همان محل به عمل می‌آوردند تا مبدل به نرم‌آهن شود. تقریباً ۴۵۰ کیلوگرم در روز تولید آهن این کوره بود. نظیر همین کوره در مغرب نیز به کار گرفته می‌شد و در شکل ۱۵-۹ طرحی از آن را مشاهده می‌کنید.

فولاد بوته‌ای را در بوته‌های کوچک ذوب می‌کردند. مطابق متنی که در صفحه‌های پیشین از ابوریحان بیرونی نقل کردیم، این نوع فولاد را در کوره‌های دارای چند بوته ذوب می‌کردند و چند دم که هرکدامشان به وسیلهٔ دو کارگر به‌کار می‌افتاد در این نوع کوره‌ها تعبیه شده بود. در سال ۱۸۴۰ نیز هنوزهم از این نوع کوره‌ها برای تولید فولاد دمشقی در بخارا استفاده می‌کردند. شکل ۱۶-۹ نمایی کلی از این نوع کوره، و جایگاه بوته‌ها، و همچنین طرحی از یک بوتهٔ جداگانه را نشان می‌دهد. و سخن آخر اینکه طرح فوق‌الذکر عیناً شبیه طرحی است که جابر بن حیان کیمیاگر ده قرن پیشتر عرضه کرده بود (شکل ۱۷-۹).



۱۶-۹ اجزای تشکیل‌دهندهٔ یک کورهٔ فولاد بوته‌ای که در سال ۱۸۴۰ هنوزهم در بخارا کار می‌کرده است.



۱۷-۹ تصویری از یک کورهٔ فولاد بوته‌ای، از یک کتاب چاپی در قرن شانزدهم میلادی (قرن دهم هجری) که به احتمال زیاد منقول از یک دستنوشتهٔ عربی متعلق به قرن سیزدهم، از آثار جابر بوده است.



۱۰ مهندسان و پیشه‌وران

۱-۱۰ تکنولوژی به عنوان شاخه‌ای از علوم

«در سرزمینهای اسلامی، تکنولوژی را بسی بیشتر و ژرف‌تر از یونانیان، رومیان یا بیزانسی‌ها به عنوان شاخه‌ای از علوم می‌شناختند.» این اظهار نظر مهمّی است که اخیراً در یکی از آثار تاریخی مربوط به علم قرون وسطایی در اروپا دیده شده است. تردیدی نیست که دانشمندان و پژوهشگران مسلمان همهٔ انواع دانش عملی را مورد توجه کافی قرار می‌داده‌اند و علوم کاربردی و مباحث تکنولوژیکی را همراه با مطالعات نظری طبقه‌بندی می‌کرده‌اند.

این موضوع را، به عنوان مثال، در آثاری چون مفاتیح‌العلوم (کلیدهای دانش) خوارزمی؛ احساءالعلوم (شمارش دانشها) فارابی؛ رسائل اخوان‌الصفا (گروهی از باطنیان قرن چهارم[۱۶۸] هجری / قرن دهم میلادی که نوعی دانشنامهٔ علوم و فنون زمان خود را در رساله‌های متعددی به نگارش درآورده‌اند)؛ کتاب‌النجات (کتاب رستگاری) ابن‌سینا؛ و همچنین در فرهنگ مشهور ابن‌ندیم، الفهرست؛ در مقدمهٔ مشهور ابن‌خلدون بر اثر مشهورش در باب تاریخ جهان؛ در الاعلام به مناقب الاسلام (مقدمه‌ای بر فضایل اسلام) عامری؛ در مفتاح السعادة (کلید خوشبختی) طاشکپری‌زاده[۱۶۹]، و در صبح‌الاعشه (گشایندهٔ دیدگان نابینا)، اثر قلقشندی بازمی‌یابیم. در ضمن لازم به تذکر است که فهرست یادشده در بالا مختوم نیست

---

۱۶۸) در متن انگلیسی کتاب حاضر، زمان «رسائل اخوان‌الصفا» را قرن «ششم» هجری نوشته‌اند که به احتمال زیاد اشتباه چاپی یا خطای به سهو است، زیرا رسائل پنجاه و دوگانهٔ اخوان‌الصفا متعلق به قرن چهارم هجری است. - م.

۱۶۹) خاندان طاشکپری‌زاده از بزرگان فضل و ادب دورهٔ عثمانیان بودند که دست‌کم سه تن از آنها صاحب‌نام بوده‌اند - احمد، کمال‌الدین، و مصطفی. در اینجا، منظور مؤلفان به احتمال زیاد احمد طاشکپری‌زاده، دایرةالمعارف‌نویس و مقیم استانبول بوده است. - م.

۱-۱۰ بنّایانی که مشغول ساختن یک قصر هستند. مینیاتور ایرانی، قرن پانزدهم میلادی (قرن نهم هجری). کتابخانهٔ بریتانیا، لندن.

و تنها دربرگیرندهٔ بخشی از کتابهایی است که چنین طبقه‌بندیهایی در آنها دیده می‌شود.

به عنوان نمونه، تهی از فایده نخواهد بود که به نقل بخشی از توصیف علم مکانیک یا مهندسَی به وسیلهٔ عامری مبادرت ورزیم:

> مکانیک مبحثی است که هم با ریاضیات و هم با علوم طبیعی ارتباط می‌یابد. علم مکانیک ما را قادر می‌سازد که آبهای نهان در اعماق زمین را مورد استفاده قرار دهیم و همچنین به وسیلهٔ چرخابها یا فواره‌ها آب را به محل دلخواه بکشانیم، با صرف حداقل انرژی اشیای سنگین را حمل کنیم، پلهایی با طاق قوسی روی رودها و نهرها برپا کنیم و بسیاری کارهای دیگر که شرح آنها در این مختصر میسر نیست.

علم مکانیک را به عنوان شاخه‌ای از ریاضیات در نظر می‌گرفتند و بنابراین آن را در ردیف دانشهایی چون حساب، هندسه، نجوم و موسیقی به شمار می‌آوردند. عامری (وفات، ۳۸۱ هجری/ ۹۹۱ میلادی) به این نتیجه‌گیری رسیده بود که «از بررسی علوم ریاضی چنین برمی‌آید که به هیچ وجه تضادی بین آنها و علوم دینی وجود ندارد». چنانکه در بالا اشاره شد، مفهوم مهندسی در تمدن اسلامی چندان متفاوت از مفهوم امروزی آن به نظر نمی‌رسد، هرچند در اواخر آن دوره، مؤلفانی چون ابن‌خلدون (وفات ۷۴۹ هجری/ ۱۳۴۹ میلادی)، قلقشندی (وفات، ۸۲۱ هجری/ ۱۴۱۸ میلادی) و طاشکپری‌زاده (وفات، ۹۶۸ هجری/ ۱۵۶۰ میلادی)، معماری (الهندسه) را نیز، به دلایلی که اندکی دورتر بدانها اشاره خواهیم کرد، جزو علوم ریاضی می‌شمردند. در مجموع، معماری و مهندسی دوران اسلامی را می‌توان به شاخه‌های زیر تقسیم کرد:

(۱) علم همهٔ انواع ساختمانها؛

(۲) علم تکنولوژی نور؛

(۳) علم آینه‌های سوزان؛

(۴) علم مراکز ثقل (گرانیگاه‌ها)؛

(۵) علم مسّاحی؛

(۶) علم رودها و آبراهه‌ها؛

(۷) علم پلها؛

(۸) علم اکتشاف آبهای زیرزمینی؛

(۹) علم قرقره‌ها و تسمه‌های انتقال نیرو؛
(۱۰) علم ماشینها و آلات و ادوات نظامی؛
(۱۱) علم ناوبری؛
(۱۲) علم ساعتها؛
(۱۳) علم اوزان و مقادیر؛
(۱۴) علم ماشینها و دستگاههای بدیع.

همهٔ این علوم ماهیتی تکنولوژیکی دارند و، بنابراین، واژهٔ هندسه که در بالا بدان اشاره کردیم، دست‌کم در چنین تار و پودی به معنای «مهندسی و معماری» خواهد بود، و نه فقط به معنایی که امروزه برای علم هندسه[170] قائلیم؛ و واژهٔ مهندس نیز از همان اوان تمدن اسلامی، نه تنها به معنای «هندسه‌دان» بلکه به مفهومی که امروزه برای آن قائلیم[171] استعمال می‌شده و حرفه‌ای بسیار معزز و محترم بوده است.

مهندسی مکانیک و عمران که جزو علوم ریاضی شمرده می‌شدند تنها مباحث تکنولوژیکی نبودند که در ردیف علوم طبقه‌بندی می‌شدند؛ تکنولوژیهای غیرریاضی، مانند شیمی، تولید صنعتی و کشاورزی نیز «علم» شمرده می‌شدند. علاوه بر اینها، موضوعهای تکنولوژیکی را می‌بایست در بطن موضوعهای صرفاً علمی جست‌وجو کرد. چنین بود که، برای مثال، در علم پزشکی مباحث مربوط به داروشناسی معمولاً اطلاعات مفیدی دربارهٔ خواص و طرز ساخت بسیاری از فراورده‌های آلی و غیرآلی دربر داشتند. این را هم بیفزاییم که علم حساب شامل محاسبات فنی لازم برای مهندسان نیز می‌شد، و علم نجوم هم عملاً دربرگیرندهٔ بیشتر رساله‌هایی بود که دربارهٔ طراحی و ساخت وسایل و افزارهای اندازه‌گیری نوشته می‌شد، و جز اینها.

۲-۱۰ نقش مهندسان و معماران

مهندسان و معماران (المهندسون) در جامعه از اعتبار و حیثیت اجتماعی والایی برخوردار بودند و عنوان مهندس را نیز معمولاً به نام افرادی که چنین

---

170) geometry

۱۷۱) یعنی به مفهوم «تکنولوژیست» - م.

حرفه‌ای را اعمال می‌کردند می‌افزودند. نام چنین افرادی را در منابع اسلامی مانند الفهرست و دیگر کتابهای مرجع، اعم از زندگینامه‌ها و کتابنامه‌ها، می‌توان یافت. در بیشتر موارد، دانشمندان اسلامی به جنبه‌های کاربردی علوم نیز توجه داشتند، به طوری که هم ریاضیدانان و منجمان را می‌توان جزو مهندسان به شمار آورد و هم سازندگان و طراحان آلات و افزارهای گوناگون را، در حالی که بعضی از جنبه‌های علم هندسه را نیز می‌توان مفید به حال شیمی‌دانها و پزشکان دانست. در هر حال، چنان‌که در فصل اول همین کتاب ضمن بررسی آثار بعضی از دانشمندان بزرگ سرزمینهای اسلامی دیدیم، قائل شدن مرزهای قاطع و مشخصی بین اهل علم و اهل تکنولوژی در آن زمان منطقی به نظر نمی‌رسد: جابر بن حیان هم شیمیست بود و هم مهندس، الکندی هم فیزیک‌دان بود و هم متالورژیست و مهندس، و رازی هم شیمیست و مهندس بود و هم پزشک. بر همین منوال، برادران بنوموسی هم ریاضیدان و منجم بودند و هم مهندس، و ابن‌هیثم در عین حال ریاضیدان، فیزیک‌دان و مهندس بود، و ابوریحان بیرونی نیز هم منجم بود، هم فیزیک‌دان و هم مهندس[۱۷۲]. با این وصف، مردانی هم بودند ـ مانند الجزری ـ که خویشتن را صرفاً وقف مهندسی کرده بودند.

بیشتر مهندسان فعال در عملیات کاربردی کتاب و رساله نمی‌نوشتند و بنابراین ناشناخته مانده‌اند، گو اینکه گهگاه نام و نشان بعضی از آنها را روی بناهایی که ساخته‌اند مشاهده می‌کنیم. روی کتیبه‌ای متعلق به ۱۹۷ هجری (۹۱۰ میلادی) بر پیشانی دروازهٔ ماردین در دیار بکر، نام خلیفه المقتدر همراه با نام دو مهندس سازندهٔ آن بنا دیده می‌شود. نام یکی از آنها «احمد بن جمیل المهندس» بوده است. اصطلاح معمار را نیز در برابر «آرشیتکت» به کار می‌بردند و این عنوان را روی بعضی از ساختمانهایی که هنوزهم باقی است به چشم می‌بینیم. معماران به طور معمول نقشه‌های کلی و جزئی ساختمانهای بزرگی را

---

۱۷۲) به اعتبار آثار باقی‌مانده از ابوریحان بیرونی، این بزرگمرد عالم علم و تکنولوژی را می‌توان علاوه بر آنچه مؤلفان کتاب حاضر گفته‌اند، به حکم کتابهایی چون الصیدنه، آثارالباقیه عن القرون‌الخالیه، تحقیق ماللهند، و الجماهر فی معرفة الجواهر، به‌ترتیب گیاه‌شناس و داروشناس، تاریخنگار و جامعه‌شناس، مورخ علم، و زمین‌شناس و کانی‌شناس نیز دانست. ـ م.



۲-۱۰ چند مهندس معمار با آلات و ادوات اندازه‌گیری و نقشه‌کشی. بخشی از نقشهای تزئینی روی صفحهٔ یک اسطرلاب ساخت ایران. قرن هفدهم میلادی (قرن یازدهم هجری). موزهٔ ویکتوریا و آلبرت، لندن.

که شخصاً طراحی می‌کردند آماده می‌ساختند و به تهیهٔ نمونه‌های کوچکتر از اصل [ماکت] نیز مبادرت می‌ورزیدند. گاه اصطلاح حاسِبْ (به معنای محاسبه‌کننده) را نیز در مورد ریاضیدانهای متخصص در امور مهندسی به کار می‌بردند، و این امکان هم وجود داشت که مهندس نیز خود حاسب باشد. به هر تقدیر، حاسب، معمار یا مهندس برای مشورت متقابل در طراحی و اجرای عملیات ساختمانی پیوسته با یکدیگر ملاقات می‌کردند.

بعضی از مهندسان از میان پیشه‌وران برمی‌خاستند. آنان معمولاً کار خود را به عنوان بنّا، نجّار یا استادکاران حرفه‌های صنعتی شروع می‌کردند و بعد به تحصیل مهندسی و دیگر علوم می‌پرداختند و به ردهٔ مهندسان و معماران ارتقا می‌یافتند. بعضی دیگر از مهندسان دانشمندانی بودند که در حرفه‌های متنوعی مهارت داشتند و گهگاه به اِعمال آن حرفه‌ها نیز می‌پرداختند.

مهندسان و معماران، چنانکه پیشتر هم گفتیم، در جامعه از جایگاهی والا

برخوردار بودند و، علاوه بر این، گهگاه پیش می‌آمد که به مشاغل مهم حکومتی نیز گمارده شوند. برای مثال، می‌دانیم که برادران بنوموسی نزد خلیفه مأمون و جانشینان او از حرمت و پایگاهی والا برخوردار بودند و نقش مؤثری در مجامع فرهنگی و سیاسی بغداد ایفا می‌کردند، و سلطان مالک‌الظاهر برقوق (وفات، ۸۰۱ هجری/ ۱۳۹۹ میلادی) با دختر معمار خود، المهندس شهاب‌الدین احمد طولونی، ازدواج کرد.

گاهی برای تقدیر از عملکرد درخشان و فوق‌العادهٔ مهندسان، علاوه بر کارمزدهای کلان، پاداشهای ویژه‌ای نیز بدانها اعطا می‌شد. برای مثال، در زمان فرمانروایی مملوکان، در میان عناوین رسمی مقامات دربار سلطان، مقامی هم به نام مهندس‌العمارات (معمار ساختمانها) وجود داشت. صاحب این مقام مسئولیت و سرپرستی همهٔ ساختمانها و برآوردهای قیمت ساختمانها را برعهده داشت. تهیهٔ نقشه‌های شهرسازی و فعالیت اصناف و حرفه‌های مربوط به صنعت ساختمان نیز زیر نظارت او انجام می‌گرفت. علاوه بر اینها، صاحب چنین مقامی همواره با عناوین رسمی احترام‌انگیزی چون حضرت مستطاب‌عالی، عالیجناب، حضرت اجل اکرم و مانند اینها مورد خطاب قرار می‌گرفت و در صورت لزوم این عناوین به سطوح بالاتری از مدارج درباری نیز اعتلا می‌یافت. یکی دیگر از زمینه‌های تخصصی مهم برای فعالیت مهندسان عبارت بود از ساخت و نگهداری شبکه‌های آبیاری که گهگاه عوارض و مالیاتهای ویژه‌ای نیز به نفع چنین مسئولانی وضع می‌شد. برای انجام کارهای عمرانی مهم و بزرگ، معمولاً کمیته‌هایی مرکب از مهندسان تعیین می‌کردند تا کل عملیات عمرانی مورد نظر را طراحی و نظارت کنند. چنین بود، برای مثال، کمیته‌ای که خلیفه المنصور برای ساختن شهر بغداد تشکیل داد. در مورد بعضی طرحهای عمرانی بسیار مهم، هیئتهای مهندسی مشترکی از یک کشور اسلامی به کشور دیگر اعزام می‌شد.

مهندسان گاه به عنوان پیمانکار نیز فعالیت می‌کردند. برای مثال، حکومت از آنان می‌خواست که کار حفر کانال مشخصی را در مدت زمان معین و با هزینه‌ای که از پیش تعیین می‌شد برعهده بگیرند. این‌گونه پیمانکاران به نوبهٔ خود بخشی از کار را به پیمانکاران فرعی واگذار می‌کردند. مدارکی در دست است که نشان

می‌دهند این طرز کار در قرن سوم هجری (قرن نهم میلادی) در بغداد معمول بوده است.

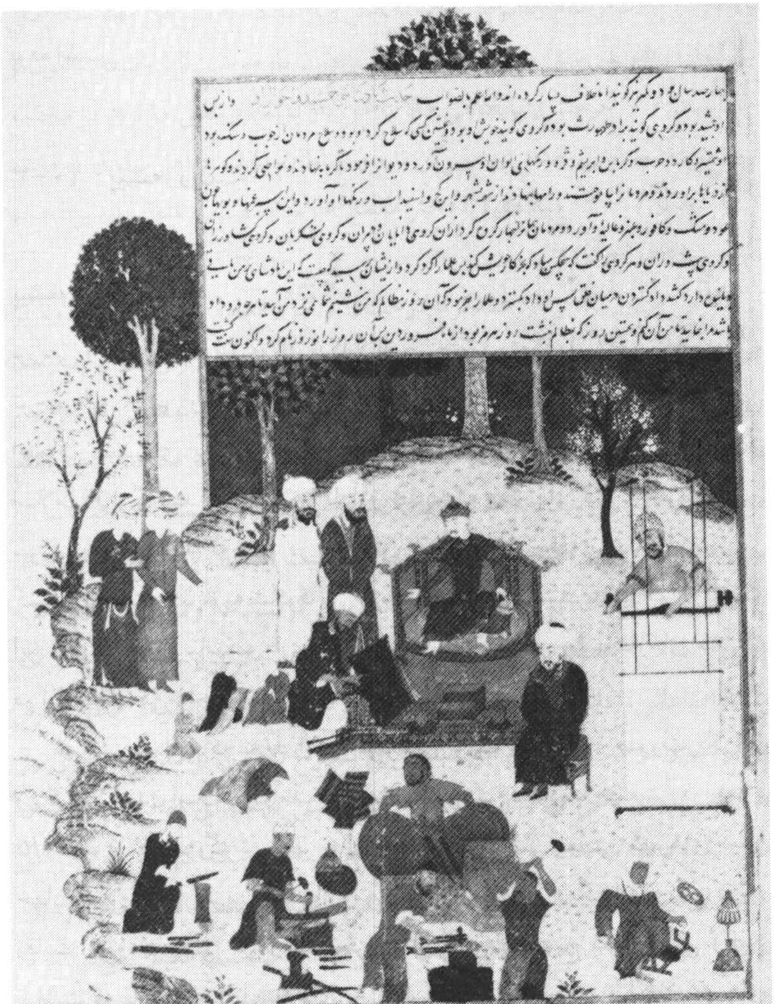
۳-۱۰ پیشه‌وران

پیشه‌وران و اصناف

بررسی وضع و حال پیشه‌وران و کارگران صنعتی در تمدن اسلامی نتایج جالب توجهی به بار می‌آورد (شکل ۳-۱۰). در فصل نخست همین کتاب، به بررسی اجمالی تمدنهای پیش از اسلام در سرزمینهایی که بعداً زیر پوشش تمدن اسلامی قرار گرفتند پرداختیم و یادآور شدیم که مهارتهای فنی و حرفه‌ای این سرزمینهای کهنسال نه فقط در اثر ظهور اسلام دچار وقفه نشدند بلکه در اثر گسترش تمدن جدید به شکوفایی تازه‌ای نیز دست یافتند. علت هم آن بود که این مهارتها و تجربیات به یاری زبان عربی و معتقدات و چشم‌اندازهای مشترک در نظام فرهنگی واحدی به همدیگر پیوستند.

همچنین دیدیم که پدید آمدن شهرهای بزرگ چگونه به صورت یکی از ویژگیهای تمدن اسلامی درآمد. برای مثال، تا مدتی بغداد، با جمعیتی در حدود ۱/۵ میلیون نفر، بزرگترین شهر عالم محسوب می‌شد. بعضی شهرهای دیگر جهان اسلام با بزرگترین شهرهای موجود در تمدنهای دیگر آن روزگار کوس رقابت می‌زدند، ولی در اروپا، بجز استانبول، هنوز هیچ شهر بزرگی وجود نداشت که قابل قیاس با شهرهای بزرگ اسلامی باشد. بیشتر ساکنان شهرهای بزرگ اسلامی را پیشه‌وران و صاحبان حرفه‌ها و مشاغل دیگری تشکیل می‌دادند که تعدادشان بسیار زیاد بود.

در زبان عربی، کلمات بیان‌کنندهٔ پیشه‌ها، حرفه‌ها، و صنایِع همه از ریشهٔ مشترک ص ن ع (صُنع) مشتق می‌شوند که اساساً به معنای ساختن، آفریدن و کار کردن است. بدین ترتیب، سازنده، استادکار یا اهل فن را به عربی صانع می‌گویند، در حالی که صنعت، لااقل در یکی از معانی خود به مفهوم تولید کردن یا به وجود آوردن با دستهای خویش است، و صِناعت نیز معمولاً به معنای هرنوع



۳-۱۰ تصویری از یک دستنوشتهٔ فارسی قرن پانزدهم میلادی (قرن نهم هجری). در این تصویر گروهی از پیشه‌وران و استادکاران گوناگون را می‌بینیم که در اطراف جمشید، پادشاه اسطوره‌ای ایران کهن، به حرفه‌های خود مشغولند. در میان این جمع، یک بافنده، یک زن در حال نخریسی با چرخ دستی، یک درودگر و دو آهنگر به وضوح تشخیص داده می‌شوند. کتابخانهٔ چستربیتی، دابلین.

پیشه، هنر، یا حرفه است. پس، بدین ترتیب، پزشکی نوعی صِناعت است، همان‌طور که حرفه‌های ادبی و دیگر پیشه‌ها نیز صناعت محسوب می‌شوند. برای مثال، کارگاه کشتی‌سازی را دارالصِناعه (خانهٔ صناعت) می‌نامیدند. به همین طریق، کارگاهها تولید صنعتی را نیز صِناعت می‌گفتند. چنانکه ملاحظه می‌شود، در فرهنگ اسلامی نوعی احساس احترام نسبت به همهٔ حرفه‌ها، پیشه‌ها و فعالیتهای عملی وجود دارد. مهارت و خبرگی در هرنوع حرفه و پیشه‌ای مایهٔ

غرور و سربلندی بوده و هست. در میان طبقات کارگر شهرهای بزرگ امروزی صانع یا کارگر ماهر از عزت و احترام خاصی برخوردار است، و آرزوی هر پدری آن است که فرزندش در حرفه یا پیشهٔ معینی به سطح بالایی از مهارتهای لازم دست یابد.

در شهرهای اسلامی شرق، سازمانهای اجتماعی خاصی مانند فتوت [جوانمردی] وجود داشت که بیشتر اعضای آنها را مردان جوان برخاسته از طبقات کارگر تشکیل می‌دادند. طبیعی بود که در این‌گونه سازمانهای اجتماعی گروههای نیرومندی از پیشه‌وران و صاحبان حرفه‌ها متشکل شده باشند. این گروههای حرفه‌ای اغلب پرچمدار مخالفت با اختلافهای طبقاتی بودند. جوانمردان آرمانهای والایی را سرلوحهٔ رفتار و کردار خود قرار می‌دادند و تأثیرات متقابلی بین آنها و مجامع صوفیان (عرفای مسلمان) پدید می‌آمد.

عضویت در صنف نوعی احساس غرور و سربلندی در پیشه‌وران و افزارمندان به وجود می‌آورد. ولی پیشه‌وران و صنعتکاران علاوه بر اهداف حرفه‌ای خویش، آرمانهایی اجتماعی و مذهبی نیز در سر می‌پروراندند و نیل به کمال در هر حرفه و صنعت به صورت آرمانی روحانی درمی‌آمد. حصول به این مقصود جز با تلاش و سخت‌کوشی زیر نظر استادکاری باتجربه میسر نمی‌شد و به همین سبب نخستین گام داوطلبان هر حرفه و فن عبارت بود از یافتن استادی که آنان را به شاگردی بپذیرد و برای راهیابی به صنف مربوطه آماده سازد. هر صنف دارای زنجیره‌ای تاریخی بود (سلسله) که از استادکار حاضر تا زمان بزرگان سنّتی و حامیان مقدس صنف امتداد می‌یافت و سرانجام به پیامبر اسلام ختم می‌شد. هر صنف در رأس خود دارای شیخ بود و در رأس همهٔ شیخ‌ها مقامی به نام شیخ‌المشایخ (شیخِ شیخ‌ها) وجود داشت. در هر حرفه داوطلبان از سه پایهٔ اساسی می‌گذشتند: نخست، شاگرد یا کارآموز بودند (مبتدی)، بعد به کسب مهارت نایل می‌آمدند (صانع) و پس از گذراندن آزمونی خاص به درجهٔ استادی می‌رسیدند (معلّم). گاه برای رسمیت بخشیدن به درجهٔ استادکاری گواهینامهٔ ویژه‌ای نیز به استادکاران اعطا می‌شد که آن را پروانهٔ کار می‌نامیدند (اجازه). مقررات اصناف و آئینها و مراسم آنها در اواخر قرون وسطی در سرزمینهای

شرقی جهان اسلام پا گرفت، ولی آداب و اصول و ساختار کلی آنها در حقیقت ترکیبی بود از آئینهای ویژهٔ انجمنهای جوانمردی (فتوت‌ها) و آداب و رسوم صوفیان، از یک طرف، و مقررات و مراسم سنتی اصنافِ تمدنهای کهن مشرق زمین، ازطَرف دیگر.

تذکر این نکته نیز حائز اهمیت است که هر دو کلمهٔ استاد و معلّم هم در مورد استادکاران حرفه‌ها و پیشه‌های مختلف به کار می‌رفت و هم در مورد استادان و آموزگاران و مربیان علوم و فنون [در مدرسه‌ها و مکتبها]. این موضوع نیز منعکس‌کنندهٔ حرمت و اعتباری است که در جوامع اسلامی برای مهارتهای حرفه‌ای و فنی قائل بودند و، در ضمن، یک بار دیگر نشان می‌دهد که چرا بسیاری از بزرگان علم و اندیشه و حکمت در سرزمینهای اسلامی عادت داشتند که برای کسب معاش روزانه حرفهٔ معینی پیشه کنند. نام خانوادگی این‌گونه شخصیتها، و همچنین نام بسیاری از خانواده‌های معروف در شهرهای اسلامی، نشان‌دهندهٔ حرفه‌هایی است که به وسیلهٔ این بزرگان اِعمال می‌شده است. بیشتر این حرفه‌ها مربوط به نساجی و دیگر صنایع اساسی بوده است.

سرزمینها و شهرهای اسلامی از نظر مهارتهای ویژهٔ استادکارهایشان نیز شهرت داشتند. مقدسی، هنگامی که از ثروتهای بلاد شام (جنوب سوریهٔ بزرگ)، سخن می‌گوید، از «معادن مرمر، مواد دارویی برای تمام درمانها، ادبا و نویسندگان، پیشه‌وران و پزشکان» یاد می‌کند. همو، به هنگام مقایسهٔ دو شهر دمیاط و تینیس، در مصر، می‌گوید که «دمیاط از نظر پیشه‌وران و استادکاران ماهر غنی‌تر از تینیس استُ». همچنین قزوینی در وصف موصل می‌گوید: «مردمش گشاده‌دست و مهربانند و در پیشه و حرفهٔ خود دقت بسیار به کار می‌برند.» و، دربارهٔ اصفهان چنین می‌نویسد: «استادکاران و پیشه‌وران این شهر در هر شغل و حرفه‌ای از همگنان خود بسی فراتر رفته‌اند». همو، دربارهٔ جرجانیه می‌گوید «مردم آنجا در کمال دقت و مهارت به حرفه‌هایی چون آهنگری و درودگری می‌پردازند و در کار خود به اوج دقت و استادی می‌رسند». الزهری در وصف مردم آلمریا در اسپانیا می‌گوید «همهٔ ساکنان این شهر، مرد و زن، به حرفه‌های دستی اشتغال دارند».

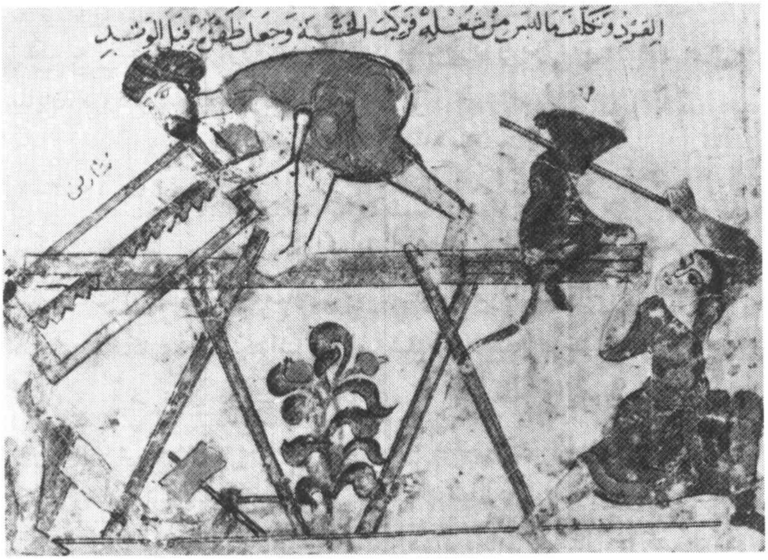
پس از یادآوری این کلیات در مورد حرفه‌ها و پیشه‌های موجود در جامعهٔ

اسلامی ـ که همهٔ آنها به دست استادکاران ماهر و هنرمند صورت می‌گرفت ـ اینک به اختصار سه گروه عمده از این پیشه‌وران را مورد توجه قرار می‌دهیم: بنّایان، درودگران، و آهنگران.

۲-۳-۱۰ بنّایان

صنعت ساختمان حرفه‌های گوناگونی را دربر می‌گرفت که رأس آنها حرفهٔ بنّایی قرار داشت (بنّایان را گاه معمار نیز می‌نامیدند). در پاره‌ای از موارد حرفهٔ بنّایی شامل سنگ‌کاری و سنگتراشی نیز می‌شد. نمونه‌های درخشان هنر و معماری اسلامی را می‌توان در شواهد زنده‌ای که از سطح والای تبحر و مهارت استادکاران و پیشه‌وران مسلمان باقی مانده است به چشم دید یا در تفسیرهایی که مورخان هنر و معماری اسلامی نوشته‌اند مطالعه کرد.

در پاره‌ای از موارد بنّایان خود معمار هم بودند. برای مثال، در کتیبه‌ای که بر پیشانی یک ساختمان تاریخی متعلق به سال ۷۰۲ هجری/ ۱۳۰۳ میلادی وجود دارد نوشته‌اند که «این عمارت به دست ابوطالب معمار و بنّا ساخته شده است». در بعضی دیگر از موارد، استاد بنّا عملاً معمار بود و تنها به تهیه و ترسیم نقشه‌ها و نظارت بر کارهای ساختمانی اکتفا می‌کرد و بقیهٔ کارها را دیگران انجام می‌دادند. کتیبه‌های بسیاری در ساختمانهای قدیمی وجود دارد که چنین روشی را تأیید می‌نمایند. روی یکی از این‌گونه کتیبه‌ها می‌خوانیم: «بنّا: مسعود؛ ترسیم نقشه‌ها به وسیلهٔ استاد جعفر بن محمود الحلبی». در اینجا طراح یا معمار ساختمان را استاد نامیده‌اند. می‌دانیم که عنوان استاد را به‌کسی می‌دهند که به سطح بالایی از مهارت و تجربه رسیده است، و در بعضی از ساختمانها کتیبه‌هایی وجود دارد که روی آنها سازندهٔ عمارت را در عین حال هم بنّا و هم استاد نامیده‌اند. در پاره‌ای از موارد هم سازنده را در عین حال معلّم و بنّا معرفی کرده‌اند. در مراجع و مآخذی که به زبان عربی وجود دارد برای تجلیل از سازندگان بناهای بزرگ و معروف اسلامی، زندگینامه‌های آنان را به ثبت رسانده‌اند و کتیبه‌های به‌دست‌آمده در حفاریهای باستان‌شناسی نیز نام و شرح حال بسیاری از معماران و سازندگان دورهٔ اسلامی را بر خود دارند.

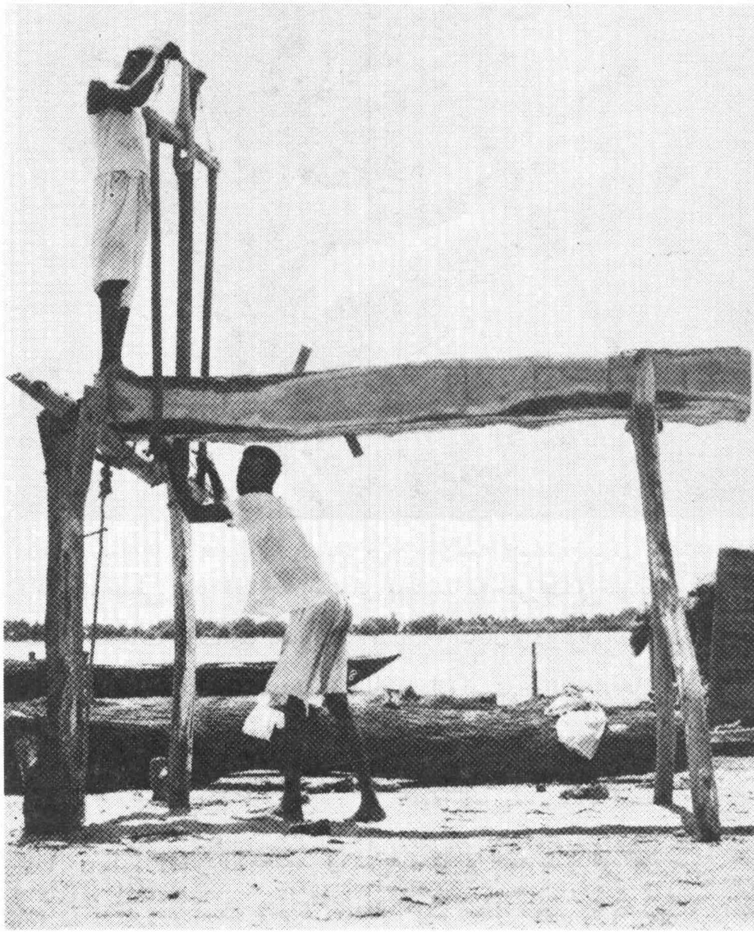


۴-۱۰ (الف) درودگری در حال بریدن یک تیر چوبی. تصویر از یک دستنوشتهٔ قرن سیزدهم میلادی (قرن هفتم هجری). کتابخانهٔ ملی، پاریس.

۱۰-۳-۳ درودگران

حرفهٔ درودگر (نجّار) در صنعت ساختمان اهمیتی اساسی داشت، چون مستلزم آشنایی با علم هندسه و اندازه‌گیری بود، و بعضی از مسلمانان معروف به حرفهٔ درودگری اشتغال داشتند. روشن است که در حرفهٔ درودگری چند تخصص عمده مانند ارّه‌کشی (شکل ۴-۱۰ (الف) و (ب))، خرّاطی (شکل ۵-۱۰)، و رنده‌کشی وجود داشت. در موزه‌های سراسر دنیا نمونه‌هایی هنرمندانه از منبّت‌کاریها و حکاکیهای روی چوب وجود دارد که از سوی هنرشناسان مورد بررسیها و مطالعات گوناگون قرار گرفته‌اند.

چنانکه در مورد بنّایان و معماران گفتیم، نامها و زندگینامه‌های بسیاری از درودگران مشهور دورهٔ اسلامی را نیز می‌توان در منابع و مراجعی که به زبان عربی نوشته شده باز یافت. درودگران و هنرمندانی که روی چوب کار می‌کردند، طبق سنت مرسوم، نام خود را روی بعضی از کارهای مهم خود حک کرده‌اند که نمونه‌هایی از آنها هنوز هم باقی است.

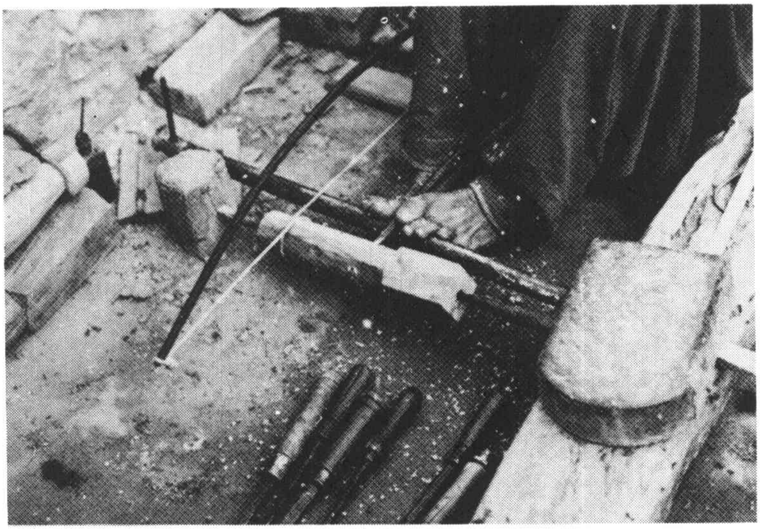


۴-۱۰ (ب) درودگران امروزی در ام‌دورمان، سودان، هنوز هم روشهای اره‌کشی قدیمی را ادامه می‌دهند.

۴-۳-۱۰ تکنیکهای ویژهٔ بنّایان، درودگران و تخصصهای وابسته

افزارهای اساسی بنّایان و درودگران امروزی چندان تفاوتی با افزارهای رایج در قرون وسطی ندارند و حتی هنوز هم می‌توان آنها را در بعضی از کشورهای اسلامی مشاهده کرد (رجوع کنید به بندهای ۲-۳-۱۰ و ۳-۳-۱۰)، و چه شگفت‌انگیز است شباهتی که بین روشهای کار امروزی و طرز کار دورانهای کهن وجود دارد.

ابن‌الاُخُوه (که در اوایل قرن هشتم هجری/ قرن چهاردهم میلادی فعالیت



۵-۱۰ خـرّاط پـاکسـتانی بـا استفاده از کمان به مدور ساختن یک قطعه چوب می‌پردازد.

داشت)، فصلی را در دفترچهٔ راهنمای محتسب به مقررات و ضوابط و کنترل و کشف عملیات تقلب‌آمیز نجّاران، ارّه‌کشان، و بنّایان و کارگران آنها (رقاصون[۱۷۳]) و همچنین گچ‌پزها و آهک‌پزها اختصاص داده است. در اینجا، خلاصه‌ای از این فصل را عرضه می‌داریم، زیرا تصویر روشنی از ضوابط و مقررات و وضع کلی هریک از حرفه‌های فوق‌الذکر به دست می‌دهد:

(۱) یکی از مردان معتمد و شریف که از مهارت کافی در حرفهٔ خود برخوردار است (حریف)، باید زیر نظر محتسب به انجام وظیفه بپردازد.

(۲) بیشتر پیشه‌وران با کارمزد ثابت روزانه به خدمت پذیرفته می‌شوند. از این نظر پیش‌بینیهای لازم باید به عمل آید تا آنان صبحها دیر سرِ کار خود حاضر نشوند و عصرها زود کار خود را تعطیل نکنند. آنها باید عصرگاهان سر ساعت مقرر کار خود را تعطیل کنند.

---

۱۷۳) جمع رَقاص، از ریشهٔ عربی رقص به معنای جنبیدن و جنبانیدن سر و دست و بدن، و در اینجا به مفهوم کارگر سادهٔ ساختمانی یا «عمله» و یا «فعله» است که زیر نظر بنّا انجام وظیفه می‌کنند و هنوزهم به همین روش فعالیت دارند. - م.

(۳) بعضی از بنّایان و درودگران و رنگرزان برآوردهای نادرست [به مشتریان خود] می‌دهند و به آنان وعده می‌دهند که کارشان به درازا نخواهد کشید یا آسان و بی‌دردسر و کم‌هزینه خواهد بود. مشتری به انجام کار تشویق می‌شود، ولی پس از آنکه پیشه‌ور مربوطه کار را آغاز می‌کند، خواهان وقت و پول بیشتری می‌شود و برآوردهای اولیهٔ خود را به دست فراموشی می‌سپارد. این کار نوعی تقلب و شیادی است و زیانهای جدی به مشتری وارد می‌آورد، چه ممکن است او را به فقر و بی‌نوایی بکشاند یا چنان زیر بار قرض خم کند که مجبور شود ساختمان مورد نظر را پیش از اتمام آن به قیمت ناچیز بفروشد. این خطایی فاحش خواهد بود، و باید از وقوع آن پیشگیری کرد.

(۴) چنانچه یک بنّا یا معمار در کاربرد ابزار و ادوات لازم مانند نقّاله، شاغول، تراز و غیره اهمال به خرج دهد، و در نتیجه کار او راست و قائم نباشد و حتی کج و خمیده یا مایل باشد، لزوماً باید خطاهای خود را اصلاح نماید و کار را بی‌عیب و نقص تحویل دهد.

(۵) چنانچه بنّایان تیرهای چوبی را که به عنوان حائل یا حاملِ به عاریت گرفته شده‌اند بشکنند یا ارّه کنند، باید خسارات وارده را جبران کنند و از صاحب تیرها پوزش بخواهند.

(۶) کارگرانی که به عنوان رقاصون (به ترجمهٔ تحت‌اللفظی: رقصندگان[۱۷۴]) انجام وظیفه می‌کنند باید لباس مخصوص بر تن داشته باشند تا بخشهای خصوصی بدن آنان به هنگام بالا رفتن یا پایین آمدن پوشیده بماند. اینان نباید پیش از غروب آفتاب کار را ترک کنند.

(۷) ارّه‌کشان در هر کارگاه ساختمانی نباید کمتر از سه نفر باشند. وظیفه یکی از آنان تیز کردن ارّه‌هاست، و دومی در موقعی که سومی به استراحت می‌پردازد به کار مشغول خواهد بود. آنان نباید پیش از غروب کارگاه را ترک گویند، و باید پیشاپیش به آنها هشدار داده شود که [به زیان] مشتری توطئه نکنند.

---

۱۷۴) ر.ک. به بند ۴-۳ در همین فصل. - م.

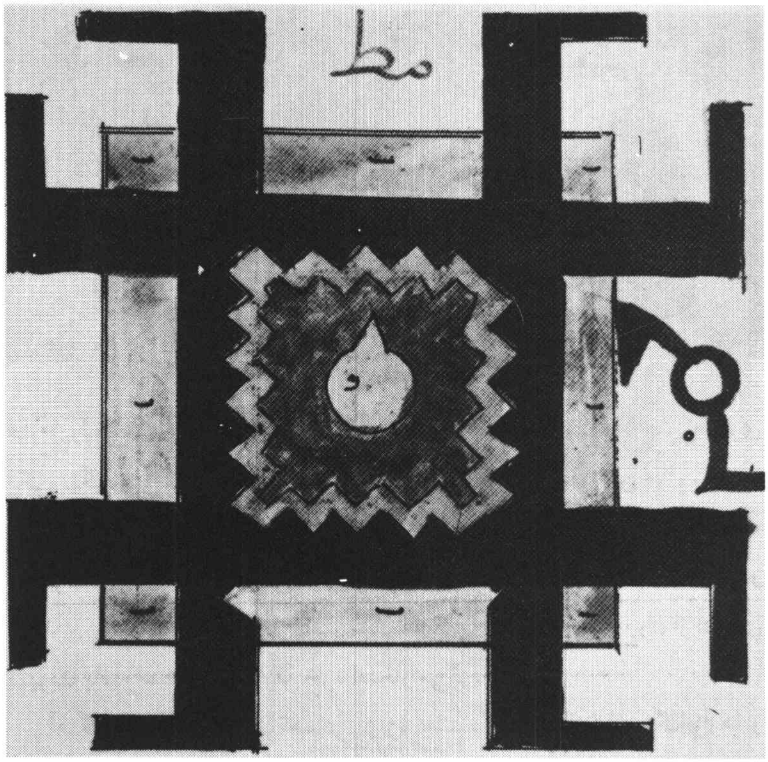
(۸) بنّایان باید به خداوند قسم یاد کنند که هیچ گونه رشوه یا هدیه‌ای از آهک‌پزان و گچ‌پزان دریافت نخواهند کرد تا به قبول آهک یا گچ نامرغوب تن در دهند. [در این‌گونه موارد، دستورالعملها لازم از سوی اخوت‌ها تنظیم شده است تا به وسیلهٔ آنها کیفیت گچ مورد وارسی قرار گیرد.] آهک‌پزها باید چنان کنترل شوند که قادر نباشند جز آهک مرغوب چیزی تحویل مشتری بدهند. آهک را باید منحصراً به طور وزنی به فروش برسانند. بنّایان ملزم هستند که راهنماییهای لازم را در این‌گونه موارد به کارکنان و مشتریان خویش ارائه نمایند.

(۹) اندودکاران نباید زیاده از حدّ آهک به گچ اضافه کنند. این عمل گهگاه به ماله‌کشی گچ روی دیوارها کمک می‌کند، ولی اگر از حد معینی بگذرد، موجب می‌شود که گچ از دیوار کنده شود و اندود طبله کند.

(۱۰) درودگرانی که قفل درها را می‌سازند یا کار می‌گذارند، باید به وسیلهٔ ناظر باوجدانی که کار خود را خوب بلد باشد کنترل شوند. این مسئله حائز اهمیت است و مستلزم دقت و کنترل دقیق است تا حمایت و حراست کامل از املاک و داراییهای مردم به عمل آید و حفاظت زمان نیز تأمین گردد. درودگران نباید مجاز باشند که دو کلید مشابه برای دو شخص مختلف بسازند. [ابن‌الاُخُوه پس از این بعضی راهنماییهای فنی برای پیشگیری از خطاکاریهای قفل‌سازان عرضه می‌دارد. شکل ۶-۱۰ یکی از انواع این قفلها را به روایت دقیق الجزری نشان می‌دهد.]

(۱۱) باید از تقلب رنگرزان جلوگیری کرد. [در اینجا دستورالعملهایی در مورد تعداد آسترها و چگونگی خشک کردن رنگ درها و دیوارها ذکر شده است.]

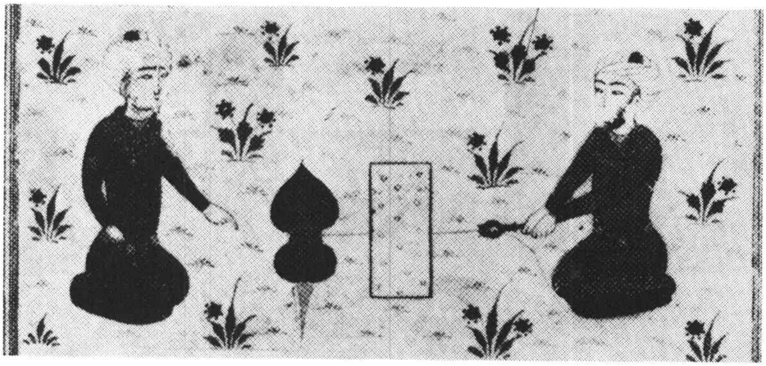
در فصل دیگری از رسالهٔ خود ابن‌الاُخُوه، به کنترل کیفیت رنده‌کشی می‌پردازد و اطلاعات زیادی به دست می‌دهد که چه نوع چوبی باید انتخاب شود، و چه افزارهایی را باید برای عملیات رنده‌کشی برگزید. گرد کردن دندانه‌ها را به وسیلهٔ رنده‌های مخصوص انجام می‌دادند.



۱۰-۶ یکی از طرحهای الجزری برای قفل چهارزبانه از جنس چوب یا آهن برای بستن درها. قرن سیزدهم میلادی (قرن هفتم هجری). کتابخانهٔ بودولینی، آکسفورد.

۱۰-۳-۵ آهنگران و فلزکاران

پیشه‌وران مرتبط با فلزکاری بسی بیشتر و گوناگون‌تر از پیشه‌ورانی بودند که به کارهای ساختمانی اشتغال داشتند. علاوه بر آهنگران، کارگران ریخته‌گری برنز و چدن نیز نقشی مهم برعهده داشتند. میان پیشه‌ورانی که در زمینهٔ فلزات غیرآهنی فعالیت داشتند می‌توان از مسگران، لحیمکاران، دوات‌سازان، رویگران، جواهرسازان، زرگران، حکاکان، زرکوبان، ملیله‌سازان، نقره‌کاران، قلمکاران، کَنده‌کاران، مفتول‌کشها و سیم‌سازان (شکل ۱۰-۷) و جز اینها نام برد. از میان فلزکارانی که با آهن و فولاد سر و کار داشتند می‌توان به میخ‌سازان، چاقوسازان، شمشیرسازان، قیچی‌سازان، سوهان‌سازان، تفنگ‌سازان، ترازوسازان، قفل‌سازان (شکلهای ۱۰-۳ و ۱۰-۸ (الف) و (ب))، و مانند اینها اشاره کرد. آهنگر به طور معمول پیشه‌وری است که با آهن و فولاد سر و کار دارد، ولی این

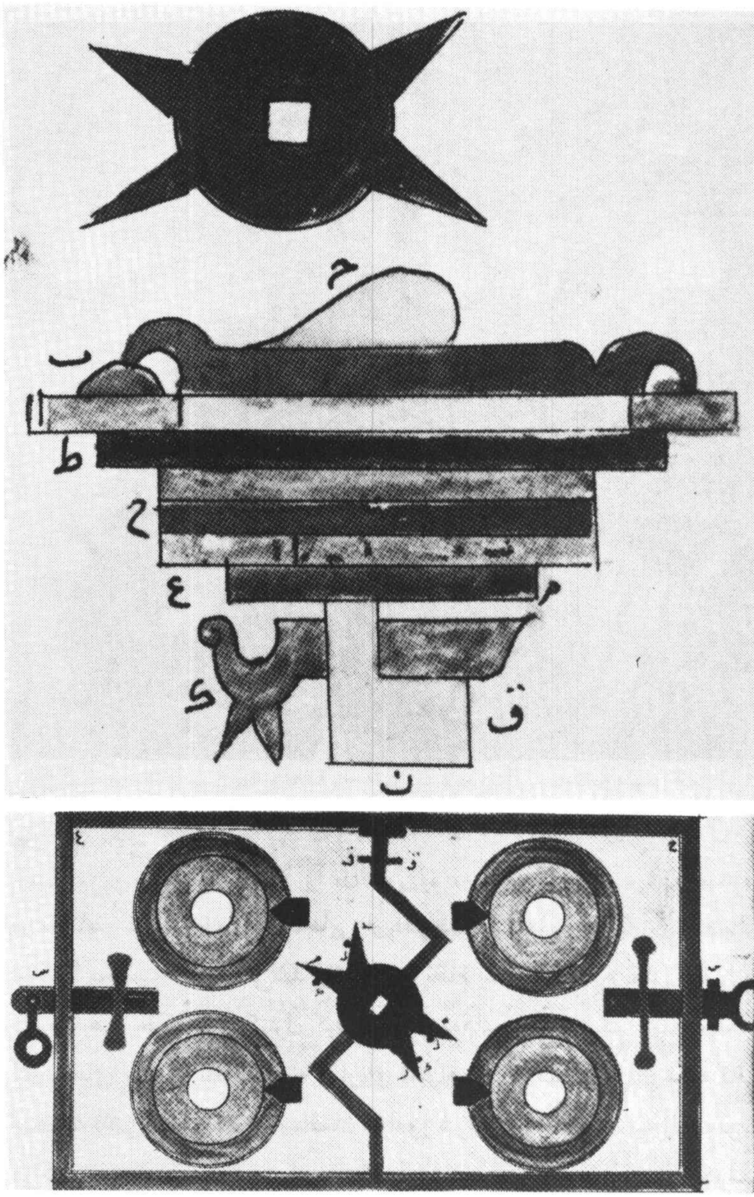


۷-۱۰ یکی از فلزکاران در حال مفتول‌کشی. قرن شانزدهم میلادی / قرن دهم هجری. کتابخانهٔ بریتانیا، لندن.

عنوان را می‌توان به همهٔ پیشه‌ورانی که در بالا نام بردیم تعمیم داد. هنر آهنگری یکی دیگر از پیشه‌های احترام‌انگیز بود و بعضی از آهنگران در عین حال شاعر و ادیب هم بودند و حتی سوهان‌سازی را سراغ داریم که فقیه هم بوده است. آهنگران در زمینهٔ هنر اسلامی آهنکاری نیز نقش قابل توجهی برعهده داشتند و بسیاری از ساخته‌های آنها نیز باقی مانده است. نام این‌گونه پیشه‌وران از آن‌روی شهرت یافته است که به حرفهٔ خود افتخار می‌کردند.

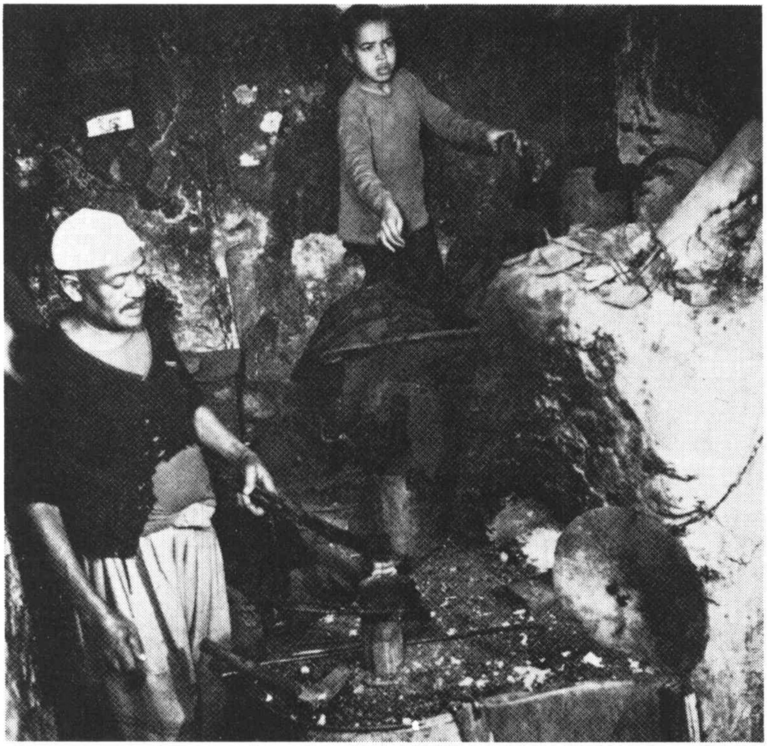
آهنگران در زمان جنگ اهمیتی ویژه داشتند چون سازندهٔ جنگ‌افزارها و زره‌ها بودند. البته نوعی تخصص‌یابی هم در بین بود. بعضی از آهنگران به ساختن اشیای سبک اشتغال داشتند و بعضی دیگر به ساختن اشیاء و آلات و ادوات سنگین. فرمانی که از سوی سلطان اشرف قانصوح غوری[۱۷۵] صادر شده و تاریخ ۹۱۴ هجری/ ۱۵۰۹ میلادی را بر خود دارد، امر به بسیج همهٔ آهنگران سبك کار و سنگین‌کار داده است. ولی در زمان صلح، آهنگران، علاوه بر وظایفی که برشمردیم، بسیاری از نیازهای جامعه را برمی‌آوردند. از آن‌جمله، کارهایی بود مانند ساختن نعل اسب، انواع بیل و کلنگ، خیش، داس، افزارهای بنّایی، افزارهای درودگری، و بسیاری دیگر از آلات و ادوات آهنی و فولادی. افزارهای اصلی خود آهنگران عبارت بود از انواع چکشها، قیچی‌ها، انبرها، اسکنه و قلم

۱۷۵) از امرای مملوک که در ۹۰۶ هجری به سلطنت مصر نشست و در ۹۲۲ در جنگ با سلطان‌سلیم‌خان جان باخت. - م.



۱۰-۸ جزئیات یک قفل صندوق، از طرحهای الجزری. این قفل با ترکیبی از حروف الفبا که روی یک صفحهٔ گردان حک شده بود، باز و بسته می‌شد. کتابخانهٔ بادلین، آکسفورد.

آهنگری. در هر کارگاه آهنگری حداقل یک سندان، یک کوره، و یک دم فانوسی نیز وجود داشت (شکل ۹-۱۰). اشیای ساخت آهنگران نیز مشمول مقررات کنترل کیفیت محتسب بود.



۹-۱۰ آهنگر مراکشی در کارگاه خود.

۴-۱۰ کنترل کیفیت

در سرتاسر کتاب حاضر نمونه‌هایی از دفترچه‌های راهنما (حِسبَه[۱۷۶]) که برای استفادهٔ محتسب تدوین می‌شد ارائه دادیم. نظام حِسبَه در اسلام نقش مهمی در سازماندهی حرفه‌ها و کنترل کیفیت فراورده‌های آنها داشت. در اینجا، به کاربردهای مذهبی نظام حِسبَه اشاره‌ای نخواهیم کرد. فقط ذکر این نکته کافی است که قاضی شارع (قاضی مسلمان در امور شرعی) بود که محتسب را منصوب می‌کرد. در زمینهٔ مسائل شرعی، وظیفهٔ محتسب به عنوان مأمور حکومت

۱۷۶) حِسبَت یا حِسبَه، از ریشهٔ عربی حَسَب، به معنای لغوی شمردن، حساب، اجر، ثواب یا امید ثواب داشتن، که در زمینهٔ کنترل کیفیت ظاهراً به معنای حساب‌خواهی، حساب پس دادن، و مانند اینها به کار می‌رفته است و به همین اعتبار محتَسِب نیز به معنای حسابرس یا ناظر بر کیفیت تولیدات بوده است. - م.

عبارت بود از نظارت بر اخلاقیات عمومی و انطباق آنها با موازین شرع و همچنین دفع و رفع فتنه‌ها و اغتشاشهای اجتماعی. محتسِب بر اوزان و مقادیر و وسایل اندازه‌گیری آنها نظارت داشت و مرجع شکایتهایی بود که در مورد ترازوها و دیگر وسایل اندازه‌گیری اعلام می‌شد. وی وظیفهٔ مقابله با هرگونه تقلب و کلاهبرداری از سوی سازندگان کالاها نیز بود، و بعضی تکالیف دیگر نیز در امور شهری برعهده داشت.

وسعت و تنوع این مسئولیتها ایجاب می‌کرد که محتسِب از اطلاعات گسترده‌ای برخوردار باشد و، بنابراین، شگفت‌انگیز نیست که دفترچه‌های ویژه‌ای در مورد حِسبَه تدوین می‌شد که بسیاری از اطلاعات مورد نیاز محتسب را دربر داشت. از میان معروف‌ترین این‌گونه دفترچه‌های راهنما می‌توان به کتابچه‌هایی اشاره کرد که به وسیلهٔ ابن‌الاخوه و شیزری مدون شده بود. علاوه بر این متون، چنانکه در فصول پیشین نیز اشاره کردیم، نوشته‌های تخصصی دیگری هم وجود داشته که شرح می‌دادند چگونه می‌توان تقلبی بودن تولیدات حرفه‌های مختلف راکشف کرد. از جملهٔ این نوع نوشته‌ها، کشف‌الاسرار جوباری از شهرت خاص برخوردار است.

با همهٔ اینها، محتسِب قادر نبود در تمام حرفه‌ها و فنون تولیدی به اظهارنظر بپردازد و به همین دلیل معمولاً چند دستیار برای هریک از تخصصهای حرفه‌ای انتخاب می‌کرد. چنین است که، برای مثال، در کتاب ابن‌الاخوه می‌خوانیم: محتسب برای نظارت بر تولید سوزن باید

> از میان شاغلان به این حرفه یک نفر را که مورد اعتماد و شرافتمند باشد به عنوان سرپرست برگزینند تا مانع آن شود که سوزنهای فولادی را با سوزنهایی که از نرم‌آهن ساخته می‌شود مخلوط کنند، چون این سوزنهای اخیرالذکر را اگر خوب پرداخت کنند ظاهراً به صورت سوزنهایی درمی‌آیند که با فولاد دمشقی ساخته شده باشند. هرنوع سوزن را باید جداگانه عرضه کرد، و َسرپرست تولید باید به قید سوگند از سازندگان بخواهد که چنین کنند.

در مجموع، محتسِب می‌بایست همان وظایفی را انجام دهد که امروزه بخشی از آنها برعهدهٔ سازمانهای مسئول کنترل مشخصات و استانداردها محول شده است و بخشی دیگر برعهدهٔ سازمانهای مأمور دفاع از منافع مصرف‌کنندگان.

۱۱ پی‌گفتار

۱-۱۱ ضرورت بازنگری بعضی مباحث حادّ تاریخ علم

تاریخ تکنولوژی اسلامی مسحورکننده است، و نویسندگان کتاب حاضر با توجه به مباحث و موضوعهای تازه‌ای که به مناسبت نگارش این اثر بر آنها آشکار شده است به هیجان درآمده‌اند. با این وصف، آنان به این ضرورت نیز پی برده‌اند که پاره‌ای از این مباحث را باید به طور کلی مورد توجه قرار داد و نه از دیدگاهی نقدآمیز. علت هم آن است که هدف کلی نویسندگان کتاب جلب توجه از طریق بازنگری بعضی از موضوعهایی بوده است که تاکنون آنها را مسلم و دور از چون و چرا می‌دانسته‌اند.

با این حال، تاریخ تکنولوژی اسلامی، به رغم کیفیت مسحورکننده‌اش، هنوز از مرحلهٔ کمال فاصلهٔ بسیار دارد. پژوهشهای بنیادین در این زمینه هنوز در مراحل ابتدایی است و، گذشته از آنچه تاکنون منتشر شده، مشارکت تمدن اسلامی در پیشرفت علم و تکنولوژی یکی از موضوعهایی است که تازه باید به کشف گوشه‌های ناپیدای آن همت گماشت. در طول قرن نوزدهم و ربع اول قرن جاری، پژوهشهای غربیان در زمینهٔ تحول علم در تمدن اسلامی نتایجی خارق‌العاده به بار آورد، ولی از آن پس سکوت دیرپایی پدید آمد که تازه پس از چند دهه در حال شکسته شدن است. در حال حاضر این احساس قوت می‌گیرد که چنانچه دستیابی به نتایج قابل توجهی مورد نظر باشد، از روی آوردن به تحقیقاتی هماهنگ و پردامنه‌تر گزیری نیست. در حال حاضر، مَباحثی همچون کیمیاگری، شیمی و تکنولوژی شیمیایی را به رغم اهمیتشان باید عرصه‌ای کاملاً فراموش‌شده به شمار آورد، چه پس از پژوهشهای ستایش‌انگیز

کراوس[177]، راسکا[178]، استراپلستون[179] و ویدمن[180]، در چند دهه پیشتر، دیگر هیچکس حتی نیم‌نگاهی هم به آن‌سو نیفکنده است.

ولی این مشکلِ هم در پیش است که ادامهٔ پژوهشهای پیشین به معنای مطالعه و بررسی محتوای بیشتر دستنوشته‌های اسلامی موجود در زمینهٔ کیمیاگری و شیمی است که تقریباً همهٔ آنها به زبان عربی نوشته شده است. واقعیت این است که بررسیهای تطبیقی مربوط به سهم تمدنهای مختلف در، مثلاً، کشف و کاربرد الکل، کاری نیست که بدون پژوهشهای پیشگفته امکان‌پذیر باشد.

عامل دیگری هم وجود دارد که مانع از جلوه‌گر شدن دستاوردهای علمی و فنی تمدن اسلامی می‌شود همواره به ما گفته‌اند که پیشرفت علمی اسلام در قرن یازدهم میلادی (قرن پنجم هجری) تقریباً متوقف شده است، و ما هم این مدعا را بدون چون و چرا پذیرفته‌ایم. ولی این گفته کاملاً نادرست است. علم اسلامی در زمان مورد بحث حتی به انحطاط هم نیفتاده بود. تنها اتفاقی که روی داد کُند شدن نسبی آهنگ پیشرفت علوم در آن دوره بود. در حقیقت، علم و تکنولوژی اسلامی پیشرفت خود را تا چند قرن دیگر ادامه دادند.

تحول کلی علم و تکنولوژی در تمدن اسلامی به طور کلی در سه مرحلهٔ معین صورت گرفت که آخرین مرحلهٔ آن تا سپیده‌دم «انقلاب علمی» در مغرب‌زمین نیز ادامه داشت. نخستین مرحله را می‌توان دورهٔ انتقال و جذب دانست که نتیجهٔ نهایی آن ظهور علم اسلامی بود. دومین مرحله با وفور نوآوریهای علمی مشخص می‌شود، و سومین مرحله جلوه‌گاه نوآوریهای گوناگون هم در علم و هم در تکنولوژی بود. این مرحلهٔ آخری عملاً در قرن دوازدهم میلادی (قرن ششم هجری) شروع شد و در قرن شانزدهم یا هفدهم میلادی (قرن دهم یا یازدهم هجری) پایان یافت.

این مرحلهٔ آخری، از نظر ما، حائز اهمیت بسیار است، چه در طول همین دوره بود که صدهاهزار دستنوشتهٔ عربی، فارسی و ترکی موجود در کتابخانه‌های

---

177) Kraus 178) Ruska 179) Strapleston
180) Wiedemann

سراسر جهان به رشتهٔ نگارش درآمد. گزافه‌گویی نخواهد بود اگر بگوییم که نسبت نوشته‌های مربوط به تکنولوژی در این دورهٔ اخیر بیش از تمام دستنوشته‌های فنی و کاربردی است که در سرتاسر دو مرحلهٔ قبلی به نگارش درآمده است. ولی جای بسی تأسف است که همین دورهٔ بسیار غنی و انباشته از دستاوردهای علمی و تکنولوژیکی چنانکه باید و شاید مورد توجه مورخان علم و تکنولوژی قرار نگرفته است. حقیقت این است که آنان تا حدّی به دستاوردهای دانشمندان سرزمینهای اسلامی در زمینهٔ ریاضیات، نجوم و علوم دقیق اذعان کرده‌اند، ولی در قضاوتهای خود نسبت به نوآوریهای تکنولوژیکی دنیای اسلام تنگ‌نظری به خرج داده‌اند. واقعیت آن است که با بررسی و دقت بیشتر به وضوح آشکار می‌گردد که جنبه‌های مادی تمدن اسلامی همواره با مفهوم تکنولوژی عجین بوده است. استانداردهای زندگی، کیفیت و تنوع فراورده‌های مصرف‌شدنی یا مورد استفادهٔ خاص و عام، سطح و گسترهٔ کشاورزی، روشهای آبیاری، راههای ارتباطی، جنگ‌افزارها و دیگر تجهیزات نظامی، همه وابسته به سطح بالایی از تکنولوژی بوده‌اند. هنگامی که محققان یا مورخان سخن از شکوه و عظمت شهرهایی چون غرناطه (گرانادا) یا بغداد دورهٔ اسلامی به میان می‌آورند، در عمل نه فقط به جلوه‌های هنری بلکه به سطح بسیار بالای تکنولوژی آنها اعتراف کرده‌اند. همین مطلب در مورد جنگهای صلیبی هم صادق است، زیرا تردیدی نیست که پیروزیهای مسلمانان در این جنگها نیز به میزان قابل توجهی معلول دستاوردهای تکنولوژیکی آنها بوده است.

کم‌ارزش شمردن یا حتی نفی و انکار این جنبه از فرهنگ اسلامی را می‌توان به علتهای گوناگونی نسبت داد. یکی از آنها مسلماً این است که تکنولوژی اسلامی را هیچگاه به اندازهٔ کافی مورد مطالعه و بررسی قرار نداده‌اند. ما هنوز به درستی نمی‌دانیم که نوآوریها و پیشرفتهای تکنولوژی در سرزمینهای اسلامی واقعاً به چه سطحی رسیده بود. روشن ساختن این ابهام بی‌گمان هدفی ارزشمند خواهد بود، گو اینکه گام نهادن در این راه مستلزم آن است که پژوهشگران نه فقط قادر به خواندن و فهمیدن زبان عربی باشند بلکه لااقل کلیات تمدن اسلامی را نیز از نظر بگذرانند. در این زمینه باید به یاد داشته باشیم که نه فقط تعداد بسیار

زیادی از آثار نوشته‌شده به زبان عربی یا به زبانهای دیگر دنیای اسلام هنوز به زبانهای اروپایی ترجمه نشده یا، اگر ترجمه شده باشد هنوز به چاپ نرسیده، بلکه دریایی از اطلاعات گوناگون نیز در آثار دایرةالمعارفی و درکتابهای تاریخ، جغرافیا، ادبیات وَ دیگر زمینه‌ها وجود دارد که باید آنها را مدوّن و قابل بهره‌برداری ساخت. قابل ذکر است که یافته‌های باستان‌شناسی نیز به اندازهٔ کافی مورد بررسی و مطالعه قرار نگرفته است. تنها پس از طبقه‌بندی و تحلیل عمقی چنین منابعی است که نوعی ارزیابی دقیق و مستند از دستاوردهای تکنولوژیکی تمدن اسلامی میسر خواهد شد.

یکی دیگر از عواملی که بر داوریهای بعضی از تاریخنگاران سایه افکنده، پیشداوریهای آنهاست. در این باره به درازا سخن نخواهیم گفت، چون در این عرصه با عاملی سر و کار داریم که به هنگام اظهارنظر در مورد پیشرفتهای تمدنی متفاوت از تمدن مورد علاقهٔ ما معمولاً سر برمی‌آورد. هواداران هرنوع نظام فرهنگی همواره راغب بوده‌اند که اختراعهای مهم را به خود نسبت دهند یا دست‌کم هاله‌ای از شک و تردید در اطراف موفقیتهای دیگر فرهنگها ایجاد نمایند. دامنهٔ جرّ و بحثها هنگامی گسترده‌تر می‌شود که مدارک و اسناد کتبی در مورد داعیه‌های مشکوک وجود نداشته باشد، و همه بخوبی می‌دانند که بیشتر اختراعها یا کشفهای مهم علمی و فنی نه از طریق نوشته و کتاب بلکه از طریق سفرها، جنگها و رفت و آمدهای تجاری از فرهنگی به فرهنگ دیگر منتقل شده است. چنین اوضاع و احوالی مسلماً ابهام‌برانگیز است و به ظهور انواع پیشداوریها میدان می‌دهد.

و، سرانجام، عامل دیگری هم وجود دارد که ممکن است تأثیراتی روانی بر داوریها بعضی از کارشناسان و متخصصان به‌جای بگذارید. منظور تأثیرات ناشی از مقایسه‌ای است که بین عقب‌ماندگی علمی شرق امروز و توسعهٔ تکنولوژی پیشرفته در غرب به عمل می‌آید. ولی ارزیابی منصفانهٔ تکنولوژی و تمدن اسلامی نباید به هیچ وجه تحت تأثیر دستاوردهای چشمگیر عصر جدید و دنیای امروزین قرار گیرد.

جوزف نیدهام، برای مثال، بیشتر عمر فعال خود را صرف مطالعهٔ علم و تمدن چین کرده است. وی خاطرنشان می‌سازد که وی هنگامی به این کار روی

آورد که متوجه شد در غرب مردم چیز زیادی دربارهٔ چین نمی‌دانند. او که شیفتهٔ چین بود، به آموختن زبان و فرهنگ چینی پرداخت و گروهی از محققان آشنا به زبان و فرهنگ چینی را که تحت تأثیر شور و شوق وی قرار گرفته بودند بر گرد خود جمع کرد. او که دانشمندی نخبه و پرمایه بود، رهبری تیم خود را با این هدف به دست گرفت که علم و تکنولوژی چین کهن را بر جایگاه واقعیشان بنشاند. و، در این راه به توفیقی کم‌نظیر دست یافت، به نحوی که نوشته‌ها او در حال حاضر معتبرترین سند در زمینهٔ مورد نظر به شمار می‌رود. با این‌حال، تمدن علمی جهان اسلام هنوز در انتظار نیدهام خویش است.

۲-۱۱ عوامل انحطاط و بعضی موانع پیشرفت

در این کتاب ما به عوامل مؤثر بر نوآوریها در تکنولوژی اسلامی اشاراتی داشته‌ایم. با تکیه بر همین عوامل شاید بتوان دلایل انحطاط علم و تکنولوژی در جهان اسلام را، بخصوص در طی قرنهای اخیر، بهتر شناخت، و موانع عمدهٔ توسعه‌نیافتگی کشورهای اسلامی در عصر حاضر را کشف کرد.

از آنجاکه ثبات سیاسی و شکوفایی اقتصادی ریشه‌های اصلی توسعهٔ علم و تکنولوژی در جهان اسلام را تشکیل می‌دادند، می‌توان گفت که توقف رشد اقتصادی و همچنین فروپاشی سیاسی دولت، لااقل تا حدّی، موجبات انحطاط علمی و فنی کشورهای اسلامی را فراهم آوردند.

یورشهای قبایل وحشی از آسیای مرکزی این انحطاط را سرعت بخشید. یکی از نتایج این یورشها ازهم پاشیده شدن شبکه‌های آبیاری و آسیب دیدن کشاورزی در عراق و بین‌النهرین بود.

تمدن اسلامی در اوج قدرت خود، محرک عمدهٔ نوزایی علم و تکنولوژی بود، حال آنکه پس از قرن شانزدهم میلادی (قرن دهم هجری) فرقه‌گراییها و مشاجرات پردامنهٔ متولیان اسلام پیشرفت همان علم و تکنولوژی را متوقف کرد و به انجماد دیرپای دانشهای نظری و کاربردی منتهی شد. در قلمرو مسیحیت غرب نیز از همین نوع فرقه‌گرایی‌های مذهبی و مخالفتها برضد انقلاب علمی وجود داشت. ولی اگر چنین عواملی در جهان اسلام به پیروزی رسیدند بدان

علت بود که رونق اقتصادی در آن خطه دیگر به حدّی نبود که تقاضای مؤثری برای علم و تکنولوژی پدید بیاورد. زیرا اسلام، چنانکه قبلاً هم گفتیم، نیروی محرکه‌ای بود که وقتی کشورهای اسلامی به اوج رونق و شکوفایی خود رسیده بودند، انقلاب علمی اسلامی را به پیش می‌راند. ولی در طی دوره‌های انحطاط، تعصبات مذهبی برضد علم در حقیقت نشانهٔ بارزی از فروپاشی سیاسی و اقتصادی بود. فاجعهٔ تخریب آخرین رصدخانهٔ جهان اسلام، که به وسیلهٔ تقی‌الدین به سال ۱۵۸۰ میلادی (حدود ۱۰۰۵ هجری) در قسطنطنیه برپا شده بود، نمونه‌ای است از پیروزی اختلافات و فرقه‌گرایی‌های روحانیون بر علم، و چه تأسف‌بار است این طعنهٔ روزگار که درست در همان زمان نخستین رصدخانهٔ غرب به دست تیکوبراهه برپا می‌شد.

به هنگام مطالعه و بررسی این دوره باید توجه داشت که درست پیش از فتح قسطنطنیه به وسیلهٔ عثمانیها، شرایط ناگوار و مخاطره‌آمیز اقتصادی در اثر رویدادهای جهانی پردامنه‌ای که به ظهور سرمایه‌داری غرب انجامید، وخامت بیشتری یافته بود.

در ۱۴۹۷ میلادی، دریانورد پرتغالی واسکو دوگاما[181] بادبان برکشید و دماغهٔ امیدنیک را دور زد. این واقعه‌ای بود که تأثیراتی پایدار در تاریخ کشورهای خاور نزدیک یا حتی در تاریخ جهان اسلام، بر جای گذاشت. زیرا، از آن‌پس، جهت اصلی مبادلات بازرگانی هند تغییر یافت و بندرگاههای سوریه و مصر رونق و شکوفایی خود را به تدریج از دست دادند. همین امر خودبه‌خود بخش مهمی از منابع درآمد سرزمینهای اسلامی را از بین برد. علاوه بر این، رشد سریع سرمایه‌داری غربی و استعمار، با قدرت بازرگانی و دریایی‌اش، به صورت یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر اقتصاد خاور نزدیک درآمد.

با گشوده شدن راه دریایی دماغهٔ امیدنیک در نخستین قرن امپراتوری عثمانی، بازرگانان اروپایی به تشویق و ترغیب پیوندهای بازرگانی با ترکها پرداختند. در ۱۵۵۳ میلادی سلطان سلیمان اول با صدور فرمانی آزادی تجارت را برای بازرگانان بریتانیایی در سرتاسر امپراتوری عثمانی تضمین کرد، و در

181) Vasco da Gama

همان سال به موازات تأسیس «کمپانی شرق طالع»[۱۸۲] به وسیلهٔ انگلستان، تعرفه‌های گمرکی کلیهٔ صادرات انگلستان و دیگر کشورهای اروپایی به امپراتوری عثمانی را به شدت کاهش داد. در نتیجه، اقتصاد عثمانی به تدریج تابع اقتصاد اروپا شد. در آغاز، هیچکس به خطرهای ناشی از این سیاست پی نبرد، چون کالاهای وارداتی محدود می‌شد به منسوجات پشمی، فلزات، و کاغذ. به واقع، فقط در قرن نوزدهم بود که صنایع محلی به عواقب سیاست یادشده پی بردند و اثرات سوء آن را احساس کردند. این وضع و حال در قرن حاضر وخامت بیشتری یافت. در سپیده‌دم انقلاب صنعتی دیگر کاملاً آشکار شده بود که وابستگی کشورهای اسلامی به کالاهای مصرفی اروپایی تأثیر قاطعی بر اقتصاد و صنعت آنها به‌جای گذاشته است. گذشته از این، شکاف موجود بین کشورهای اروپایی و کشورهای اسلامی روز به روز عمق و وسعت بیشتری می‌یافت. در طول قرنهای نوزدهم و بیستم بیشتر سرزمینهای اسلامی تحت تسلط قدرت استعماری غربیان قرار گرفت. درنتیجه، درست در همان زمانی که اروپای غربی شاهد اوج گرفتن انقلاب صنعتی پردامنه‌ای بود که در قرن نوزدهم آغاز شده بود و در قرن بیستم با تمام قوا به حرکت درمی‌آمد، سرزمینهای اسلامی زیر سلطهٔ استعمار به طرزی حساب‌شده از ورود به چنین صحنه‌ای منع می‌شدند.

پس از جنگ جهانی دوم کشورهای اسلامی استقلال خود را بازیافتند، ولی تأثیرات دیرپای نظام استعماری همچنان برجا بود. این واقعیت بخصوص در پاره پاره شدن بیشتر سرزمینهای اسلامی و پدید آمدن کشورهایی کوچک و کم‌توان در اثر خودخواهیهای فئودالی و جنگهای داخلی ویرانگر یا جنگهای فاجعه‌بار با همسایگان، و همچنین در فرمانروایی اقتصادی قدرتهای خارجی یا در سلطهٔ فرهنگی ـ که نشانهٔ بارز آن استفاده از زبان انگلیسی به جای زبانهای ملی در آموزش عالی است ـ کاملاً به چشم می‌خورد.

182) Levant Company

۳-۱۱آیندهٔ تکنولوژی اسلامی

با وجود مخالفتها و موانعی که کشورهای اسلامی با آنها مواجهند، تعدادی از آنها در راه توسعهٔ عَلم و تکنولوژی به پیشرفتهای محسوسی نایل آمده‌اند.

به مناسبت این بحث، کوشش ما بر آن خواهد بود که از مطرح ساختن نظریه‌های جدل‌آمیز عصر جدید در مورد مسئلهٔ توسعه اجتناب ورزیم، چه به اعتقاد ما تنها نتیجهٔ این‌گونه مباحث تشنج‌آفرین، پاشیدن بذر نفاق و نومیدی در میان مردم جهان سوم بوده است. همچنین باید به خاطر داشت که در طی دورهٔ پیشین کم نبودند کارشناسانی که دربارهٔ پیامدهای ناخواستهٔ صنعتی شدن به سبک کشورهای توسعه‌یافتهٔ امروزی، به کشورهای توسعه‌نیافته هشدار می‌دادند. دربارهٔ خطرات آلودگی محیط زیست، دربارهٔ ته کشیدن هراس‌آور منابع طبیعی موجود، و همچنین دربارهٔ تأثیرات اجتناب‌ناپذیر توسعهٔ صنعتی نارس و نابهنگام بر ارزشهای فرهنگی محلی چه‌ها که نگفته‌اند! بعضیها معتقدند که به جای توسعهٔ صنعتی به سبک غربی، بهتر است که جهان سوم به توسعه‌ای آرام‌تر و سبك‌تر اکتفا کند و از تکنولوژیهای به اصطلاح «میانه» یا حدوسط استفاده نماید و، شعار «کوچک زیباست» را هم برای تبلیغ پیشنهادات خود انتخاب کرده‌اند. بعضی دیگر توصیه می‌کنند که جهان سوم توسعهٔ خود را فقط در جهت تأمین نیازهای اساسی متمرکز سازد. پیشنهادهایی از این دست یا ملهم از سیمای به‌شدت رقت‌انگیز توسعه‌نیافتگی است، یا معلول فقر سیاه و هولناکی که بعضی از کشورهای جهان سوم را بیرحمانه درهم می‌فشرد.

گروهی از متفکران، چه در جهان سوم و چه در جهان صنعتی، به هنگام بررسی مسائل رشد در کشورهای توسعه‌یابندهٔ مرتکب اشتباهی اساسی می‌شوند، و جوهر این اشتباه مشترک در آن است که چنین متفکرانی معمولاً می‌کوشند تا برای مسائلی ذاتاً متفاوت راه‌حلهایی عام و جامع ارائه دهند. این کوشش اشتباه‌آمیز است، چون باید پذیرفت که کشورهای جهان سوم در سطوح گوناگونی از توسعه قرار دارند. بعضی از آنها تمدنهای کهن و پرمایه پشت‌سر داشته‌اند و بعضی دیگر تازه پا به عرصهٔ وجود گذاشته‌اند. بعضی از آنها دارای جمعیتی متراکم هستند و بعضی دیگر دارای جمعیتی با تراکم ناچیز. بعضی از

آنها از منابع نفتی و ثروتهای معدنی دیگر برخوردارند، و بعضی دیگر از فقدان منابع طبیعی رنج می‌برند. عرضهٔ راه‌حلهایی جامع و همگانی برای مسائل و دشواریهای بسیار متفاوت کشورهایی که جهان سوم را تشکیل می‌دهند هیچ نتیجه‌ای دربر نخواهد داشت جز وارد آوردن آسیبهای شدید به این‌گونه کشورها، آزردن و به نومیدی کشاندن مردمشان، و فلج کردن رشد عادی آنها.

سرزمینهای اسلامی گهوارهٔ بعضی از غنی‌ترین تمدنهایی بوده‌اند که بشریت تاکنون به خود دیده است. علم در سوریه و بین‌النهرین و درهٔ نیل پدید آمد و بدون وقفه هزاران سال را پشت‌سر گذاشت تا سرانجام، در عصر اسلام به اوج خود برسد. جریان کلی این دانش گسترده هیچگاه قطع نشد. فاصله و شکافی که امروزه بین علم شرق و غرب دیده می‌شود فقط از زمان انقلاب صنعتی شروع شد که بیش از ۱۵۰ سال از عمر آن نمی‌گذرد. پس زیرلایهٔ مستحکمی شالودهٔ تمدن دنیای اسلام را تشکیل می‌دهد که دارای ریشه‌های ژرف و نیرومندی در آداب و رسوم بومی و سنتهای فرهنگی مردم منطقه است. علاوه بر این، مردم این سرزمینها وارث مهارتهای صنعتی و حرفه‌ای چندهزارساله‌اند. یکی از نمونه‌های این مهارتها را می‌توان در حلب مشاهده کرد که استادکاران و صنعتگرانش ظریف‌ترین ماشین‌آلات امروزین را، بدون آنکه کم و کسری نسبت به نمونه‌های وارداتی داشته باشد، به دست خود می‌سازند. بسیاری دیگر از شواهد تأییدکنندهٔ این مدعا را می‌توان در هزاران کارگاه تولیدی و همچنین انبوه صنایع کوچک و سنّتی و مدرنِ همهٔ شهرهای اسلامی منطقهٔ مدیترانه مشاهده کرد. پس به جرئت می‌توان گفت که این کشورها عناصر اساسی لازم برای نوعی نوزایی صنعتی مدرن را دارا می‌باشند. طبقات اجتماعی مختلف این سرزمینها از زمانهایی بس دور مهارتهای حرفه‌ای لازم را در سنتهای تولیدی و صنعتی خود پرورش داده و آنها را از نسلی به نسل دیگر منتقل ساخته‌اند.

به هنگام رویارویی با علم و تکنولوژی امروزین ما باید آن بخش از درسها و تجارب تاریخی خود را به خاطر بیاوریم که، در پیشروی به سوی آینده، قوت قلب و یاری‌دهندهٔ ما باشند. زیرا تاریخ نشان می‌دهد که در محتوای فنی و ماهوی هیچ بخشی از علوم یا تکنولوژی سنگین یا سبک چیزی وجود ندارد که مردم این یا آن نوع فرهنگ نتوانند آن را درک کنند و توسعه دهند. به همین

طریق، هیچ نوع جامعه یا مجموعه‌ای از شرایط فرهنگی را هم نباید به دیدهٔ دشمنی و خصومت نگریست: برعکس، باید پذیرفت که همهٔ گروههای بزرگ بشری در سرتاسر قرون و اعصار به سهم خود برای حفظ و غنی‌تر ساختن میراث علمی و فنی مشترک تلاش کرده‌اند، و در میان بزرگترین و پیشروترین آنها می‌توان جایگاه شایسته‌ای به مردم سرزمینها اسلامی تخصیص داد.

هنگامی که به درستی درک کنیم هیچ نوع سد و بند فرهنگی در برابر محتوای ذاتی و ملموس علم و تکنولوژی وجود ندارد، به یک درس تاریخی دیگر می‌رسیم. گفته‌اند که «در گذشته نیز، مانند امروز، شکوفایی دانش و دانشمندان بیشتر در جوامع و گروههای زبانی[۱۸۳] بزرگ ـ یا در مناطق ثروتمند ـ تحقق یافته است تا در جوامع کوچک و فقیر». این حقیقتی است که در طول تاریخ، علم و تکنولوژی هنگامی به شکوفایی رسیده‌اند که کشور یا امپراتوری معینی به قدرت و ثروت خارق‌العاده‌ای دست یافته باشد، زیرا شکوفایی و رونق علم تابع زیرساختهایی است که فقط جوامع بزرگ و نیرومند قادرند برای آن تأمین کنند. این واقعیت به وضوح در تاریخ اسلام به چشم می‌خورد.

دنیای اسلام از نظر منابع انسانی و طبیعی غنی است، و این امر مایهٔ خشنودی است چون آیندهٔ علم و تکنولوژی در گرو بهره‌برداری موفقیت‌آمیز از این دو عامل اساسی پیشرفت است. در هر جامعه‌ای پیشرفت در همهٔ زمینه‌ها به میزان محسوسی تابع «اندازهٔ علمی»[۱۸۴] آن جامعه است که این «اندازه» اخیرالذکر نیز به نوبهٔ خود تابعی است از اندازهٔ جمعیت و تولید ناخالص ملی سرانه.

کشورهای نفت‌خیز همه از نظر ابعاد کوچك‌اند و، بنابراین، به انفراد قادر نیستند توان علمی و تکنولوژیکی قابل ملاحظه‌ای برای خود به وجود آورند، یا به سامان‌دهی نوعی اقتصاد صنعتی ناوابسته مبادرت ورزند. همین‌سان، آن دسته از کشورهای اسلامی که از منابع انسانی کافی برخوردارند، فاقد سرمایه‌های لازم برای توسعهٔ علم و تکنولوژی، یا توسعهٔ عمومی جامعهٔ خویش‌اند.

---

183) linguistic groups

184) scientific size

در حال حاضر، با آنکه بیشتر دولتهای اسلامی به اهمیت علم و تکنولوژی برای پیشرفتهای اقتصادی و اجتماعی و فرهنگی پی برده‌اند، و با آنکه بعضی از آنها گامهای مؤثری نیز در این راه برداشته‌اند، ترقی و اعتلای آیندهٔ همهٔ کشورهای مسلمان، اعمِ از فقیر و غنی، وابسته به ابعاد همکاریهای اقتصادی آنها در چارچوبهای منطقه‌ای و کوشش جدی برای یکپارچگی تدریجی است.

از این منظر، کشورهای عرب را می‌توان نمونه‌ای از یک جامعهٔ وسیع فرهنگی دانست که دارای زبان و دین و تاریخ مشترک است. «چنانچه دولتهای عرب می‌توانستند منابع طبیعی، مالی، و انسانی خود را در چارچوب نوعی "بازار مشترک عربی" درهم می‌آمیزند، توانایی آنها برای توسعهٔ صنعتی سریع و چندمنظوره بدون چون و چرا تقویت می‌شد. در اوضاع و احوال کنونی، بازارهای ملی کوچکتر از آنند که بتوانند توسعهٔ صنایع مهم و رقابت‌پذیر را تضمین کنند. برعکس، سطح تقاضای دسته‌جمعی همین کشورهای عرب برای فراورده‌های صنعتی بسیار بالاست و، به موازات توسعهٔ اجتماعی- اقتصادی مداوم، این تقاضا افزایش بیشتری هم خواهد یافت. ایجاد نوعی "بازار مشترک عربی" که قادر باشد درآمدهای حاصل از نفت و مازاد سرمایه‌های داخلی را به نحو مطلوب مورد استفاده قرار دهد، به کشورهای عرب امکان خواهد داد که بیشتر مواد و کالاهای مورد نیاز خود را با تولیدات داخلی تأمین کنند.»

همکاریها و یکپارچگی اقتصادی وسیعتر نیز بین کشورهای اسلامی واقع در یک منطقهٔ معین امکان‌پذیر است. ولی تحقق این امر مستلزم ادراک قوی، تصمیم‌گیری عاقلانه و رهبری آماده برای همیاری است. □

فهرست تصویرها

واژه‌نامه

۱ واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

آ - الف

آب‌بندها sluices
آب تَل shoal
آبگیر weirs
آتشدان hearth
آتشزنه ignition element
آفراسیا Afrasia
آهک‌پز Lime-burner
آهن شهابی meteoric iron
اخترشناسی astrology
استادکار craftsman
استعراب arabicisation
استوانما equatorium
اسطرلاب تخت flat astrolabe
اسطرلاب صفحه‌ای planispheric astrolabe
اسید سولفوریک ← عرق گوگرد
افشانک nozzle
افشانه jet
الوار (تخته) plank
امروزین modern
انبیق retort
اندیشه‌ورز intellectual

ب

بادبان سه‌گوش (کشتی) lateen
بازخورد feed-back
بافه sheave
برنج (فلز) Brass
بند (کاغذ) ream
بوته crucible
بوتهٔ ریخته‌گری melting kehle
بوتهٔ ریخته‌گری melting pot
بوتهٔ گدازگری melter

پ

پاشنهٔ کشتی stern
پرتابگر thrower
پرتابه missile
پرداخت با آب اسید eching
پردازش processing
پسا drag
پنبهٔ نسوز asbestos
پیراقطبی circumpolar
پینهٔ مازو all-nut

ت

تار طولی (پارچه) warp
تار عرضی (پارچه) weft
تخته‌کوبی با لبه‌های روی هم chinker-built
تخماق لولایی hinge mallet
تدویری epicyloide
تراز level
تصعیدجیوه‌برای «بیاض» ← رنگ‌زدایی
تغلیظ سنگهای معدنی dressing

تقطیر still
تکفام monochrome
تك‌نگاری monography
تنبوشه aludel
تنگ ewer
توزیع‌کننده dispenser
تیرک spar
تیزاب ← جوهر شوره
تیزاب سلطانی aqua regia

ج

جرثقیل کابل دستی winch
جوهر شوره nitric acid
جوهر شیشه frit

چ

چرخ آب پره‌ای vaned-wheel
چرخ آب تیغه‌ای paddle-wheel
چرخ آب چمچه‌ای scoop-wheel
چرخ آب قاشقکی ← چرخ‌آب‌چمچه‌ای
چرخ آب لوله‌ای tub-wheel
چرخاب water-wheel
چرخ تسمه ← لنگربند
چرخ چاه windlass
چرخ دنده‌دار cogwheel
چرخدندهٔ جناغی pinion
چرخدندهٔ فانوسی lantern-pinion
چرخدندهٔ قطعه‌ای segmental gears
چرخدندهٔ واسطه pinion
چرخ دنگ escapement
چرخ رکاب (کوزه‌گری) kick-wheel
چرخ طیار ← چرخ لنگر
چرخ لنگر flywheel
چرخ لنگر (دوک نخریسی) whorl
چرخ لنگرکشی windlass
چله‌کشی (بافندگی) warping
چمچه scoop

چندفام polychrome
چینی درخشان و دارای نقش و نگارهای رنگارنگ majolica

ح

حرفه profession
حلقهٔ دَلْوها (چرخ آب) pot garland

خ

خرّاطی wood turning
خرنوب carob
خط دید sighting line
خون‌گیری phlebotomy

د

دارِ بافندگی loom
درخت نیل Indigo
درفش awl
درون‌زا endogenous
دستاس quern
دستگاه چله‌کشی (بافندگی) draw harness
دست‌ورز manual
دُشَکی (ریسندگی) distaff
دندانه (برای تثبیت رنگ) mordant
دوات‌ساز brazier
دوک نخریسی spindle

ذ

ذات‌الحَلَق armillary sphere

ر

رُبع quadrant
رکاب treadle
رنگدانه pigment
رنگ‌زدایی Bleaching
روگرد overshat

روناس madder
ریسندگی spinning

ز

زاج زرد ← نمک جوهر گوگرد
زاج سبز حاجی‌طرخانی green vitriol
زاج سفید white vitriol
زاج (سولفات مضاعف آلومینیوم و پتاسیم) alum
زاغ کردن پوست (دباغی) taning
زاویه موضعی (نجوم) bearing
زرکوب goldbeater
زرنیخ اَصفَر orpiment
زرنیخ سرخ ← سندروس
زفت (بتانه) pitch
زنگار verdigris
زیرگرد undershat
زیرلایه substratum

س

ساعت آبی آبدزدکی clepsydra
ساعت فنری fusee drive clock
سبو (ظرف دسته‌دار برای مایعات) pitcher
ستاره‌شناسی ← نجوم
سخت کردن سطحی با کربن‌دهی carbonization
سمت نجومی azimuth
سندروس sandarar
سنگ‌آهن آسمانی ← آهن شهابی
سنگ جهنم siver nitrate
سنگ چاقوتیزکنی whetstone
سنگ لاجورد lapislazuli
سوراخ شعاع (اسطرلاب) sighting hole
سولفات‌آهن ← زاج‌سبز حاجی‌طرخانی
سولفات روی ← زاج سفید
سولفات‌مس copperas
سولفور طبیعی فلزات (به رنگ طلا) pyrite
سولفور قرمز جیوه ← شنگرف
سینهٔ کوره stack

ش

شاغول plumb line
شَبَه (فلز) ← برنج
شنگرف cinnabar
شوره salpetre
شورهٔ قلمی nitre
شیر دریچه‌ای clack valve
شیر صفحه‌ای plate-valve
شیشهٔ مایع water glass
شیشهٔ موج‌دار درزجوش pattern-welded blade
شیطانک (ضامن) pawl

ص

صنعتکار artisan

ط

طوقه rim

ع

عرق گوگرد oil of vitriol
علف شوره saltwort herb
عنصر کمکی برای گدازگری flux

ف

فرایند process
فولاد اِسکنه chisel steel
فولاد پیچکی coiling steel
فولاد قاشقکی steel egg

ق

قرقره spool
قرمز جگری crimson

قرمزدانه kermes
قرمز سیر carmin
قطاع sector
قطاعی sectoral
قطران tar
قفل هوا air-lock
قلمکاری embrossing
قلیاشویی leacking

ك

کابل جرثقیل sling
کات‌کبود blue vitriol
← سولفات مس
کدو قلیانی cucurbit
کربنات پتاسیم Potash
کربنات دوسدیم متبلور Soda
کربنات سدیم طبیعی ← نطرون
کربنات قلیایی مس ← زنگار
کربن‌دهی carbonization
کربن‌گیری decarbonization
کفش‌دوزک cochineal
کلوخ‌شکن (کشاورزی) harrow
کمان فولادی crossbow
کنف (الیاف شاهدانه) hemp

گ

گچ‌پز gipsum burner
گرانی gravity
گرد شوره flower of nitre
گرد گوگرد flower of sulfure
گرمکوبی (پرسکاری) stamping

ل

لاجورد azurite
لایروبی dredging
لنگربند chpstan
لولهٔ درزجوش(تفنگ) welded barrel

م

مازو gallnuts
ماسوره ← قرقره
ماشین تاب ← نورد تاب دادن
ماشین لایروبی dredging machine
ماهوی substantive
متالورژی گردی powder metallurgy
مفتول کشی wire drawing
ملیله‌ساز gold lace spinner
منجنیق با وزنهٔ تعادل
counterweight trebuchet
منجنیق کششی traction trebuchet
مَنیزی magnesia
منیزیوم magnesium
موئینگی capillarity
موج‌دار patterned
میلهٔ فاق‌دار slot-rod

ن

نجوم astronomy
نطرون (کربنات‌دوسودطبیعی) Natron
نظریه theory
نقاله protractor
نقشه‌بند (دستگاه) draw loom
نمک جوهر گوگرد vitriol
نورد تاب دادن twisting mill
نوزایی renaissance
نیترات پتاسیم ← شوره
نی‌چهٔ شیشه‌گری blow pipe
نیل‌سنج Nilometer

و

وارسی verifying
وَجَب span
وزنهٔ تعادل counter weight

ه

هواسنج aerometer

۲ واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

A

aerometer هواسنج
Afrasia آفراسیا
air-lock قفل هوا
all-nut پینهٔ مازو
aludel تنبوشه
alum زاج (سولفات‌مضاعف‌آلومینیوم و پتاسیم)
aqua regia تیزاب سلطانی
arabicisation استعراب
armillary sphere ذات‌الحَلَق
artisan صنعتکار
asbestos پنبهٔ نسوز
astrology اخترشناسی
astronomy نجوم
awl درفش
azimuth سمت نجومی
azurite لاجورد

B

bearing زاویه موضعی (نجوم)
Bleaching رنگ‌زدایی
blow pipe نی‌چهٔ شیشه‌گری
blue vitriol کات‌کبود (سولفات مس)
Brass برنج (فلز)
brazier دوات‌ساز

C

capillarity موئینگی
carbonization سخت کردن سطحی با کربن‌دهی
carbonization کربن‌دهی
carmin قرمز سیر
carob خرنوب
cementation → carburization
chinker-built تخته‌کوبی با لبه‌های روی هم
chisel steel فولاد اِسکنه
chpstan لنگربند
cinnabar شنگرف
circumpolar پیراقطبی
clack valve شیر دریچه‌ای
clepsydra ساعت آبی آبدزدکی
cochineal کفش‌دوزک
cogwheel چرخ دنده‌دار
coiling steel فولاد پیچکی
copperas سولفات‌مس
counter weight وزنهٔ تعادل
counterweight trebuchet منجنیق با وزنهٔ تعادل
craftsman استادکار
crimson قرمز جگری
crossbow کمان فولادی
crucible بوته
cucurbit کدو قلیانی

D

decarbonization کربن‌گیری

dispenser	توزیع‌کننده
distaff	دُشَکی (ریسندگی)
drag	پسا
draw harness	دستگاه چله‌کشی (بافندگی)
draw loom	نقشه‌بند (دستگاه)
dredging	لایروبی
dredging machine	ماشین لایروبی
dressing	تغلیظ سنگهای معدنی

E

eching	پرداخت با آب اسید
embrossing	قلمکاری
endogenous	درون‌زا
epicyloide	تدویری
equatorium	استوانما
escapement	چرخ دنگ
ewer	تنگ

F

feed-back	بازخورد
flat astrolabe	اسطرلاب تخت
flower of nitre	گرد شوره
flower of sulfure	گرد گوگرد
flux	عنصر کمکی برای گدازگری
flywheel	چرخ لنگر
frit	جوهر شیشه
fusee drive clock	ساعت فنری

G

gallnuts	مازو
gipsum burner	گچ‌پز
goldbeater	زرکوب
gold lace spinner	ملیله‌ساز
gravity	گرانی
green vitriol	زاج سبز حاجی‌طرخانی

H

harrow	کلوخ‌شکن (کشاورزی)
hearth	آتشدان
hemp	کنف (الیاف شاهدانه)
hinge mallet	تخماق لولایی

I

ignition element	آتشزنه
Indigo	درخت نیل
intellectual	اندیشه‌ورز

J

jet	افشانه

K

kermes	قرمزدانه
kick-wheel	چرخ رکاب (کوزه‌گری)

L

lantern-pinion	چرخدندهٔ فانوسی
lapislazuli	سنگ لاجورد
lateen	بادبان سه‌گوش (کشتی)
leacking	قلیاشویی
level	تراز
Lime-burner	آهک‌پز
loom	دارِ بافندگی

M

madder	روناس
magnesia	مَنیزی
magnesium	منیزیوم
majolica	چینی درخشان و دارای نقش و نگارهای رنگارنگ
manual	دست‌ورز
melter	بوتهٔ گدازگری
melting kehle	بوتهٔ ریخته‌گری
melting pot	بوتهٔ ریخته‌گری

meteoric iron آهن شهابی
missile پرتابه
modern امروزین
monochrome تکفام
monography تك‌نگاری
mordant دندانه (برای تثبیت رنگ)

N

Natron نطرون (کربنات‌دوسود طبیعی)
Nilometer نیل‌سنج
nitre شورهٔ قلمی
nitric acid جوهر شوره
nozzle افشانک

O

oil of vitriol عرق گوگرد
orpiment زرنیخ اَصفَر
overshat روگرد

P

paddle-wheel چرخ آب تیغه‌ای
patterned موج‌دار
pattern-welded blade شیشهٔ موج‌دار درزجوش
pawl شیطانک (ضامن)
phlebotomy خون‌گیری
pigment رنگدانه
pinion چرخدندهٔ جناغی
pinion چرخدندهٔ واسطه
pitch زفت (بتانه)
pitcher سبو (ظرف دسته‌دار برای مایعات)
planispheric astrolabe اسطرلاب صفحه‌ای
plank الوار (تخته)
plate-valve شیر صفحه‌ای
plumb line شاغول
polychrome چندفام
Potash کربنات پتاسیم
pot garland حلقهٔ دَلوها (چرخ آب)
powder metallurgy متالورژی گردی
process فرایند
processing پردازش
profession حرفه
protractor نقاله
pyrite سولفور طبیعی فلزات (به رنگ طلا)

Q

quadrant رُبع
quern دستاس

R

ream بند (کاغذ)
renaissance نوزایی
retort انبیق
rim طوقه

S

salpetre شوره
saltwort herb علف شوره
sandarar سندروس
scoop چمچه
scoop-wheel چرخ آب چمچه‌ای
sector قطاع
sectoral قطاعی
segmental gears چرخدندهٔ قطعه‌ای
sheave بافه
shoal آب تَل
sighting hole سوراخ شعاع (اسطرلاب)
sighting line خط دید
siver nitrate سنگ جهنم
sling کابل جرثقیل

U

undershat	زیرگرد

V

vaned-wheel	چرخ آب پره‌ای
verdigris	زنگار
verifying	وارسی
vitriol	نمک جوهر گوگرد
warp	تار طولی (پارچه)

W

warping	چله کشی (بافندگی)
water glass	شیشهٔ مایع
water-wheel	چرخاب
weft	تار عرضی (پارچه)
weirs	آبگیر
welded barrel	لولهٔ درزجوش(تفنگ)
whetstone	سنگ چاقوتیزکنی
white vitriol	زاج سفید
whorl	چرخ لنگر (دوک نخریسی)
winch	جرثقیل کابل دستی
windlass	چرخ چاه
windlass	چرخ لنگرکشی
wire drawing	مفتول کشی
wood turning	خرّاطی

slot-rod	میلهٔ فاق‌دار
sluices	آب‌بندها
Soda	کربنات دوسدیم متبلور
span	وَجَب
spar	تیرک
spindle	دوک نخریسی
spinning	ریسندگی
spool	قرقره
stack	سینهٔ کوره
stamping	گرمکوبی (پرسکاری)
steel egg	فولاد قاشقکی
stern	پاشنهٔ کشتی
still	تقطیر
substantive	ماهوی
substratum	زیرلایه

T

taning	زاغ کردن پوست (دباغی)
tar	قطران
theory	نظریه
thrower	پرتابگر
traction trebuchet	منجنیق کششی
treadle	رکاب
tub-wheel	چرخ آب لوله‌ای
twisting mill	نورد تاب دادن

نمایه

شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

مجموعهٔ تاریخ علم و تکنولوژی

◀ آثار منتشرشده:

عنوان کتاب	نویسنده	مترجم
● گالیله	فرهنگستان علوم فرانسه	دکتر ناصر موفقیان
● انقلاب مندل	پ. ج. باولر	محی‌الدین غفرانی
● تاریخ جامع شیمی	میکله جوآ	باقر مظفر زاده

◀ در دست انتشار:

○ پزشکی چینی	پ. هوارد / مینگ ونگ	دکتر فرخ شادان
○ ویلیام هاروی، کاشف گردش خون	دیوید ویس	علی‌اصغر بهرام‌بیگی
○ سرآغازهای علم در غرب	د. س. لیندبرگ	دکتر فریدون بدره‌ای
○ نامه‌ای غیاث‌الدین جمشید کاشانی	محمد باقری	—
○ تاریخچهٔ مصور تکنولوژی اسلامی	یونسکو	دکتر ناصر موفقیان
○ مقدمه بر تاریخ علم	ج. سارتن	غلامحسین صدری افشار
○ عصر دانش	دیوید نایت	یحیی صبحی
○ جهان گالیله و نیوتن	و. بیکسبی	بهرام معلمی
○ تاریخ پزشکی	نانسی دان	دکتر سیاوش آگاه

نقش تمدن اسلامی در پیشرفت علوم، خاصه در زمینهٔ ریاضیات و نجوم، از مدتها پیش به رسمیت شناخته شده است. ولی کاربرد این آگاهیهای علمی در قلمرو تکنولوژی تاکنون مورد بی‌توجهی قرار گرفته است. کتاب حاضر را از دو بابت می‌توان حرکت پیشگامانه‌ای برای رفع این اهمال دانست: نخست از آن روی که برای نخستین بار غنا و خلاقیت تکنولوژی اسلامی را به عرصهٔ دید و شهود می‌کشاند و، دیگر آنکه، راستای پژوهشهای دقیقتر آینده را مشخص می‌سازد.

کتاب با پیشگفتاری آغاز می‌شود که تمدن اسلامی را در بستر مواریث فرهنگی و تاریخی تمدنهای پیش از ظهور اسلام و رواج زبان عربی قرار می‌دهد. آنگاه فصلهای جداگانه‌ای را به زمینه‌های گوناگون تکنولوژی اختصاص می‌دهد که با مهندسی مکانیک و عمران شروع می‌شود و، پس از گذار از معدنکاوی و ذوب فلزات و متالورژی، حوزه‌هایی همچون صنایع نظامی، کشتی‌سازی و ناوبری، صنایع شیمیایی، نساجی، کاغذسازی، چرم‌سازی، و کشاورزی و تولید مواد غذایی در سرزمینهای اسلامی را به‌طرزی زنده و ملموس وصف می‌کنند. فصل آخر، نمایی کلی از موقعیت اجتماعی مهندسان و صنعتکاران به دست می‌دهد و، سرانجام، پی‌گفتار کتاب پاره‌ای از امکانات و چشم‌اندازهای مترتب بر تحلیل تاریخی تکنولوژی اسلامی را در کانون توجه قرار می‌دهد.

* * *

- پروفسور احمد یوسف حسن، مدیر سابق پژوهشکده «تاریخ علوم اسلامی حَلَب» و استاد دپارتمان «تحقیقات و مطالعات خاورمیانه» در دانشگاه تورونتو (کانادا)
- دکتر دانالد ر. هیل محقق افتخاری دانشگاه لندن، مهندس حرفه‌ای و مؤلف آثار متعددی در زمینهٔ تکنولوژی اسلامی

شرکت انتشارات علمی و فرهنگی